

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA DOTACIÓN ANIMAL SOBRE LA PRODUCCIÓN INVIERNO-  
PRIMAVERAL DE UNA PASTURA DE *Festuca arundinacea*, *Trifolium  
repens* y *Lotus corniculatus* DE TERCER AÑO**

**por**

**Luis Humberto FOLGAR PÉREZ  
Germán VEGA MELGAR**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013**

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. Alfredo Silbermann

5 de agosto de 2013

Fecha:

Autores: \_\_\_\_\_

Luis Humberto Folgar Pérez

\_\_\_\_\_

Germán Vega Melgar

## **AGRADECIMIENTOS**

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

A nuestro director de tesis Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani por confiarnos la elaboración de este trabajo de tesis y por el incondicional apoyo brindado en todas las instancias durante la elaboración del mismo.

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

Y muy especialmente a nuestras familias y amigos que nos apoyaron a lo largo de nuestra carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA .....	3 3
2.1.1 <i>Festuca arundinacea</i> .....	3
2.1.2 <i>Trifolium repens</i> .....	4
2.1.3 <i>Lotus corniculatus</i> .....	7
2.2 MEZCLAS.....	8
2.3 EFECTO DEL PASTOREO.....	12
2.3.1 <u>Defoliación</u> .....	13
2.3.1.1 Bases morfológicas y fisiológicas del manejo del pastoreo.....	15
2.3.2 <u>Parámetros que definen pastoreo</u> .....	18
2.3.2.1 Frecuencia.....	18
2.3.2.2 Intensidad.....	21
2.4 CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS GRAMÍNEAS Y ESTRUCTURAS DE LAS PLANTAS .....	22 22
2.4.1 <u>Morfogénesis de gramíneas forrajeras</u> .....	23
2.4.1.1 Tasa de aparición de hojas.....	23
2.4.1.2 Tasa de elongación foliar.....	24
2.4.1.3 Vida media foliar.....	24
2.4.2 <u>Efecto de los factores ambientales sobre los procesos morfogénicos             y variables estructurales de las pasturas</u> .....	24 24
2.4.2.1 Efecto de la temperatura .....	25
2.4.2.2 Efecto del agua.....	26
2.4.2.3 Efecto del Nitrógeno .....	26
2.4.2.4 Efecto de la calidad de luz.....	27
2.4.1.4 Dinámica de población de macollos.....	28
2.4.1.5 Dinámica de desarrollo radicular .....	32
2.5 PRODUCCIÓN ANIMAL .....	34

2.5.2.3	Selectividad .....	46
2.5.2.4	Pisoteo y deyecciones .....	48
2.5.3	<u>Efecto de la dotación animal sobre la producción animal</u> .....	51
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	54
3.1	CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES .....	54
3.1.1	<u>Ubicación experimental</u> .....	54
3.1.2	<u>Descripción del sitio experimental</u> .....	54
3.1.3	<u>Antecedentes del área experimental</u> .....	54
3.2	TRATAMIENTOS .....	55
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	56
3.4	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	56
3.4.1	<u>Variables determinadas</u> .....	56
3.4.1.1	Disponibilidad y remanente de materia seca .....	56
3.4.1.2	Altura del forraje disponible y del remanente .....	57
3.4.1.3	Forraje desaparecido .....	57
3.4.1.4	Porcentaje de desaparecido .....	57
3.4.1.5	Forraje producido .....	57
3.4.1.6	Tasa de crecimiento .....	58
3.4.1.7	Composición botánica del disponible y del remanente .....	58
3.4.1.8	Relación parte aérea/raíz .....	58
3.4.1.9	Peso de los animales .....	59
3.4.1.10	Ganancia de peso diario .....	59
3.4.1.11	Oferta de forraje .....	59
3.4.1.12	Producción de peso vivo por hectárea .....	59
3.5	HIPÓTESIS .....	60
3.5.1	<u>Hipótesis biológica</u> .....	60
3.5.2	<u>Hipótesis estadística</u> .....	60
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	60
3.6.1	<u>Modelo estadístico</u> .....	60
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	61
4.1	DATOS METEOROLÓGICOS .....	61
4.2	PRODUCCIÓN DE FORRAJE .....	63
4.2.1	<u>Forraje disponible</u> .....	63
4.2.1.1	Cantidad de forraje disponible .....	63
4.2.1.2	Evolución del forraje disponible .....	64
4.2.1.3	Altura del forraje disponible .....	66
4.2.2	<u>Forraje remanente</u> .....	69

4.2.1.2	Evolución del forraje disponible .....	64
4.2.1.3	Altura del forraje disponible .....	66
4.2.2	<u>Forraje remanente</u> .....	69
4.2.2.1	Cantidad de forraje remanente .....	69
4.2.2.2	Evolución del forraje remanente .....	70
4.2.2.3	Altura de forraje remanente .....	71
4.2.3	<u>Forraje desaparecido</u> .....	73
4.2.4	<u>Porcentaje de desaparecido</u> .....	74
4.2.5	<u>Producción de Materia Seca</u> .....	75
4.2.5.1	Tasa de crecimiento .....	75
4.2.5.2	Producción de forraje.....	77
4.2.6	<u>Composición botánica</u> .....	79
4.3	<u>CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA PASTURA</u> .....	87
4.3.1	<u>Número de plantas y macollos</u> .....	87
4.3.2	<u>Relación parte aérea/raíz</u> .....	90
4.4	<u>PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN ANIMAL</u> .....	93
4.4.1	<u>Ganancia media diaria y producción de carne por hectárea</u> .....	93
4.4.2	<u>Producción de carne y eficiencia de producción</u> .....	97
4.4.3	<u>Evolución de la ganancia media diaria por animal</u> .....	98
5.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	101
6.	<u>RESUMEN</u> .....	103
7.	<u>SUMMARY</u> .....	105
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	106
9.	<u>ANEXOS</u> .....	118

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Altura promedio, máximo, mínimo y desvió estándar del disponible en centímetros en función de la dotación (animales/ha). ....	66
2. Altura promedio del remanente en centímetros por estación, máximo, mínimo, varianza y altura del remanente para todo el periodo experimental función de la dotación (animales/ha). ....	71
3. Forraje desaparecido en kg MS/ha, por estación, promedio del periodo experimental en función de los diferentes tratamientos. ....	74
4. Porcentaje de utilización por estación, para el periodo experimental en función de los distintos tratamientos. ....	75
5. Tasa de crecimiento por estación y para el periodo experimental en función de los distintos tratamientos. ....	76
6. Proporciones promedio de la evolución del disponible de los distintos componentes de la pastura según la dotación. ....	82
7. Proporción promedio de la evolución del remanente de los distintos componentes de la pastura según la dotación. ....	84
8. Número de plantas y macollos en relación a la dotación. ....	87
9. Relación parte aérea/raíz para las tres especies sembradas en la mezcla en relación a los tratamientos. ....	90
10. Peso promedio de raíces para los 3 componentes de la mezcla en relacion a los distintos tratamientos. ....	91
11. Cantidad de raíces totales para los componentes de la pastura en relacion a las dotaciones. ....	92
12. Oferta de forraje, ganancia media diaria y ganancia de PV por animal y por hectárea por tratamiento para el periodo experimental. ....	93
13. Producción de PV y eficiencia de producción (kg MS/kg PV) en función de los distintos tratamientos. ....	98
Figura No.	
1. Croquis de la disposición de bloques y tratamientos en el área experimental. ....	55
2. Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico. ....	61

1. Croquis de la disposición de bloques y tratamientos en el área experimental. ....	55
2. Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico. ....	61
3. Registro de temperaturas medias durante el ensayo comparadas con la media histórica. ....	62
4. Disponibilidad de forraje (kg MS/ha) por tratamiento, por estación y promedio del período experimental. ....	63
5. Evolución de la disponibilidad (kg MS/ha) de forraje previo a los pastoreos durante el periodo experimental. ....	65
6. kg de materia seca disponible en función de la altura disponible en centímetros. ....	68
7. Remanente de forraje (kg MS/ha) por tratamiento, por estación y promedio del período experimental. ....	69
8. Evolución del remanente de forraje (kg de materia seca por hectárea) para los distintos tratamientos, durante el periodo experimental. ....	70
9. kg de materia seca remanente en función de la altura remanente en centímetros. ....	73
10. Producción de forraje por estación y total del periodo experimental por tratamiento. ....	78
11. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 2,17 animales por hectárea. ....	80
12. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 1,52 animales por hectárea. ....	80
13. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 0,87 animales por hectárea. ....	81
14. Proporción de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento. ....	85
15. Proporción de los distintos componentes de la pastura al final del experimento. ....	86
16. Dinámica de plantas, macollos y macollos por planta. ....	89
17. Ganancia media diaria promedio (kg/animal/día) y producción de carne promedio (kg/ha) en función de los distintos tratamientos para todo el período experimental. ....	97
18. Evolución de la ganancia media diaria para cada uno de los tratamientos para el periodo experimental. ....	99



## 1. INTRODUCCIÓN

La siembra de praderas mezclas surgió como forma de levantar las restricciones que presenta el campo natural para la producción ganadera, intentando suplir las deficiencias que este presenta en cuanto a calidad y cantidad de forraje producido. Fue una innovación introducida desde Nueva Zelanda (Fernández y Nava, 2008).

Las pasturas cultivadas suponen la destrucción total de la vegetación presente, la preparación de una buena sementera, el agregado de nutrientes y la siembra de mezclas forrajeras compuestas por gramíneas y leguminosas. Uno de los objetivos más importantes es lograr de ellas los máximos rendimientos de materia seca por hectárea explotando las ventajas y bondades que ofrecen ambas familias (Carámbula, 1991).

La interrelación entre la pastura y el rumiante en pastoreo es un proceso dinámico y de doble vía, donde por un lado los aspectos físicos-químicos y morfológicos de las pasturas influyen el material ingerido por el animal, y por el otro el forraje removido determina la cantidad y el tipo de material remanente que a la postre tiene una influencia determinante en la capacidad de rebrote de la pastura. En el control de estos procesos está la base del manejo de los sistemas pastoriles (Lucas, 1963).

Según Carámbula (1997), esta interacción se desarrolla en condiciones muy dinámicas a través de las cuales se tiene que alcanzar un balance positivo y una gran eficiencia en el proceso productivo. Para ello se debe lograr el éxito en la producción de forraje, en el consumo del mismo y en la producción animal.

El objetivo fundamental del manejo del pastoreo, es maximizar la producción animal por unidad de superficie sin degradar los recursos, para esto es fundamental llegar a un equilibrio entre aprovechamiento del forraje y la producción individual de los animales. Entre los factores de manejo del pastoreo, la dotación animal es una de las variables fundamentales a tener en cuenta (Lombardo, 2012).

En el presente trabajo se evalúa el efecto de distintas dotaciones en un mezcla simple de tercer año compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*.

## 1.1 OBJETIVOS

El trabajo presenta como objetivo general: evaluar tres dotaciones en una mezcla forrajera, sobre la productividad de la pastura y sobre el desempeño animal.

Los objetivos específicos son los siguientes:

a) Evaluar el efecto de distintas dotaciones durante el periodo invierno-primaveral en características de la pastura, producción, utilización y composición botánica y características estructurales de una mezcla de tercer año compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*.

b) Evaluar el desempeño animal, producción individual y por hectárea, para las diferentes dotaciones en el periodo invierno-primaveral.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA

#### 2.1.1 Festuca arundinacea

Gramínea perenne invernada de hábito de crecimiento cespitoso a rizomatosa (rizomas muy cortos) (Carámbula, 2010a). La Festuca tolera los suelos ácidos y alcalinos, soporta el drenaje pobre, pero para obtener niveles de producción aceptables requiere condiciones fértiles para su crecimiento (Langer, 1981).

Es una especie de buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fin de invierno y una floración temprana (setiembre-octubre), sin reposo estival (Carámbula, 2010a). Tiene un establecimiento muy lento y es vulnerable a la competencia con otras especies, su sistema radicular soporta bien el pastoreo incluso en época en que el terreno está húmedo (Muslera y Ratera, 1984).

Debe de ser utilizada de tal manera que no crezca mucho, ya que si pierde terneza, pierde digestibilidad y apetecibilidad y por lo tanto el animal la rechaza. Para ello se tendrá que utilizar pastoreo rotativo con alturas no mayores a 10-15 cm, tratándose con este manejo de que no se formen maciegas (Carámbula, 2010a). Su aprovechamiento debe ser intenso y frecuente, pero no continuo (Muslera y Ratera, 1984).

En verano la falta de agua limita más su crecimiento que las temperaturas elevadas, dependiendo la persistencia de la pastura en este momento de un buen desarrollo radicular desde fines de invierno y primavera, permitiendo explorar importantes volúmenes de suelo en las épocas de sequías (Carámbula, 2010a). Por ser un periodo potencialmente estresante, la Festuca desarrolla estrategias adaptativas: minimizando los requerimientos energéticos de mantenimiento, tamaño de plantas, número de macollas, tamaño de hojas y aumenta el espesor de cutícula (Formoso, 2010).

Debido a su alta producción y a su rápido rebrote, esta especie necesita disponer de muy buena fertilidad, si se quiere aprovechar sus características

más sobresalientes. Por ello necesita un suministro de nitrógeno importante, ya sea a través de fertilizante nitrogenado o mediante la siembra de leguminosas asociadas (Carámbula, 2010a).

Tacuabé es una variedad sintética creada en La Estanzuela, que ha sustituido casi completamente a Kentucky 31, teniendo como objetivo de mejoramiento aumentar: el potencial de producción de forraje otoño-invernal, la persistencia productiva y la fuerza de competencia con respecto a trébol blanco (García y Millot, 1978).

La tasa de crecimiento máxima en Festuca ocurre en la primavera del primer año, alcanzando valores de 52 kg/ha/día de MS, la tasa de crecimiento mínima es en verano con valores de 10-20 kg/ha/día de MS, siendo levemente mayor a está la tasa de crecimiento invernal y por encima de estas dos últimas la tasa de crecimiento otoñal. Al avanzar la edad la producción otoño-invernal se reduce y la distribución de forraje se hace más primaveral (García, 2003).

La producción de esta especie según la evaluación desarrollada por INIA-INASE en el año 2011, da como resultado una producción de primer año de 7977 kg/ha MS, en el segundo año 13466 kg/ha MS y en el tercer año una producción de 4989 kg/ha de MS llegando a un total de 26460 kg/ha MS para los tres años de evaluación (INASE, 2012).

### 2.1.2 Trifolium repens

Especie perenne invernal, aunque puede comportarse como anual, bienal o de vida corta dependiendo de las condiciones del verano y de hábito de crecimiento estolonífero (Carámbula, 2010a). Este hábito es el que, principalmente, caracteriza y define a esta especie como la leguminosa perenne de mejor adaptación a las praderas de pastoreo de las zonas templadas de todo el mundo (Muslera y Ratera, 1984).

Se adapta mejor a suelos medianos a pesados, fértiles y húmedos, no tolera suelos superficiales. Responde a niveles crecientes de fósforo, teniendo un gran potencial de fijación de nitrógeno (Carámbula, 2010a).

El trébol blanco puede persistir como planta anual a través de la resiembra, o como perenne mediante la producción continuada de estolones. La importancia relativa de ambos mecanismos varía en función del clima (García, 1995). Incluso en situaciones de sequía o sobrepastoreo una cierta proporción de las inflorescencias producen semillas, de las cuales casi un 80% son duras y permanecen en el suelo como reserva en las que pueden germinar y llegar a sustituir plantas perdidas (Smetham, citado por Muslera y Ratera, 1984).

El establecimiento del trébol blanco suele ser lento, en mezclas con *Festuca* y/o *Dactylis* la competencia no es tan fuerte y la implantación es más fácil que en comparación a Raigrás (Muslera y Ratera, 1984).

La plántula de trébol blanco desarrolla inicialmente una raíz pivotante y un tallo principal. Después de un cierto periodo de tiempo comienza a producir estolones que se desarrollan radialmente, los que a su vez desarrollan raíces adventicias en sus nudos. La raíz primaria normalmente muere entre el primer y el segundo año, y a partir de este momento la sobrevivencia de la planta depende de las raíces adventicias de los estolones, las que normalmente se concentran en los primeros 15 cm de suelo (García, 1995).

La gran adaptación del trébol blanco al manejo intensivo y los altos rendimientos en materia seca que produce se debe a que posee 5 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, 2010a).

La recuperación tras el pastoreo es sumamente rápida permitiendo una gran frecuencia de aprovechamientos. Cada rebrote nuevo se produce a partir de la yema terminal de los estolones y de las yemas ubicadas en las axilas de las hojas, las defoliaciones solo afectan generalmente a las hojas y pedúnculos florales no dañando casi nunca los puntos de crecimiento (Muslera y Ratera, 1984).

Entre los caracteres que hacen del trébol blanco una de las especies más importantes para utilizar en la pastura, lo son su elevado valor nutritivo y su habilidad para fijar cantidades muy apreciables de nitrógeno. Sin embargo, los

riesgos por meteorismo en la época de crecimiento primaveral son elevados (Carámbula, 2010a).

La forma más satisfactoria de clasificar al trébol blanco es teniendo en cuenta el tamaño de sus hojas: cultivares de hoja pequeña de tipos salvajes que son muy postrados de estolones largos y hojas y flores pequeña, ciclo corto y bajos rendimientos, los de hoja de tamaño intermedio poseen características intermedias entre los grupos extremos y los cultivares de hojas grandes son tréboles de tipo Ladino, de porte más alto presentando estolones gruesos y hojas y flores grandes (Carámbula, 2010a).

El uso de trébol blanco en el Uruguay ha estado basado en su mayor parte en un mismo tipo de material, cuyo prototipo es el cultivar Zapicán. Este es un trébol de hoja media a grande, de buen crecimiento invernal, de floración abundante y temprana, con una persistencia productiva promedio de 3 años. (García, 1995).

Este cultivar tuvo su origen en clones de trébol blanco Selección Santa Fe. Fue introducido hace varias décadas al país desde la provincia de Santa Fe (Argentina) y en nuestro país ha sido multiplicado en la zona de influencia de La Estanzuela y parte del litoral sur-oeste (Pristch, 1976).

Según evaluaciones realizadas por Díaz et al. (1996) para el cultivar Zapicán, la tasa de crecimiento del primer año fue mínima en otoño e invierno, concentrándose la producción y las mayores tasas de crecimiento entre octubre y diciembre. Las tasas de crecimiento del segundo año superaron a las del primer año de marzo a octubre, registrándose las mayores diferencias de agosto en adelante. La tasa máxima del segundo año fue similar a la del primer año alcanzando los 46 kg MS/ha/día y ocurrió en el mes de octubre, un mes antes que la máxima tasa registrada en el primer año.

Según la evaluación realizada por INIA-INASE en el periodo 2011 en el primer año se alcanzó una producción de 7359 kg/ha MS y 11900 kg/ha MS en el segundo obteniendo un total de 19217 kg/ha MS (INASE, 2012).

### 2.1.3 Lotus corniculatus

*Lotus corniculatus* es una leguminosa perenne estival. Dentro de sus fortalezas se pueden mencionar su adaptación a un rango amplio de suelos, aun con bajos porcentajes de fosforo, tiene un sistema radicular pivotante profundo, buen potencial de producción primavera-estivo-otoñal, teniendo un elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez, ausencia de riesgo de meteorismo (Carámbula, 2010a).

Como debilidades se encuentra un lento crecimiento inicial, no admitiendo pastoreos intensos y frecuentes, susceptibilidad alta a enfermedades de raíz y corona, y persistencia problemática por resiembra natural (Carámbula, 2010a).

El descenso de la producción de forraje estacional y anual al aumentar la edad del cultivo está determinado principalmente por las graves pérdidas de plantas que generalmente se registran. Disminuciones en la producción de forraje anual posteriores al segundo año del cultivo. Estas pérdidas de plantas se atribuyen como consecuencia de lesiones en los tejidos de raíz y corona, provocadas por diversos organismos, hongos, nematodos, entre otros (Formoso, 1993).

Esta especie presenta tallos erectos, lo que determina que la defoliación retire no solamente foliolos sino también meristemas axilares y apicales que se encuentran por encima de la altura de corte. A su vez, esta disposición de los tallos determina que las hojas más nuevas se encuentren en la parte superior del canopeo estando susceptibles a ser removidas por los animales, determinando que en la mayoría de los casos, el área foliar remanente luego del pastoreo sea nula o de muy baja capacidad fotosintética, y por lo tanto el rebrote en gran parte es dependiente de las reservas acumuladas previamente (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Ayala y Carámbula (2009), proponen para *Lotus corniculatus* pastoreos de forma rotativa, dejando rastrojos no menores a 6-8 cm. El manejo de otoño debe evitar el pastoreo intenso (4 cm) y las defoliaciones tardías (junio). El manejo de invierno debe favorecer descansos apropiados, los que permitirían aumentar la producción total anual y reducir los efectos de cualquier defoliación

intensa. El manejo de primavera debe permitir el mantenimiento de alturas de pastoreo entre 6 y 10 cm en combinación con descansos de 20 a 30 días. El manejo de verano debe estar asociado a defoliaciones de intensidad moderada y a periodos de descanso para favorecer la semillazón y la formación de bancos de semillas en el suelo.

En el Uruguay el cultivar San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. El periodo invernal de menor potencial de producción probablemente se explique parcialmente por la ocurrencia de temperaturas infra-óptimas para la fotosíntesis neta y no por la acción de mecanismos de latencia tal como lo prueban las tasas medias máximas invernales (Formoso, 1993).

Según evaluaciones realizadas por Díaz et al. (1996), lotus San Gabriel presentó en el segundo año las mayores tasas de crecimiento, siendo la tasa máxima de 42 kg MS/ha/día en el mes de octubre para los cuatro años que persistió este cultivar en dicha evaluación.

La producción según la evaluación realizada por INIA-INASE 2011 para el primer año es de 4668 kg/ha MS, para segundo año 5050 kg/ha MS logrando un total de 10210 kg/ha MS para el conjunto de los dos años (INASE, 2012).

## 2.2 MEZCLAS

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

Santiñaque (1979), agrega que la competencia entre especies sembradas es independiente de la cercanía entre estas, si el contenido de agua, nutrientes, luz y calor supera las necesidades de ambas, no ocurriendo competencia, hasta que uno de los factores decaiga por debajo de la demanda combinada.



La elección de las especies que formaran la mezcla forrajera es decisiva tanto para su productividad como para su longevidad. En dicha elección es indispensable considerar tres factores fundamentales: suelo, clima y propósito (Carámbula, 2010a).

Una mezcla forrajera deber tener como objetivo producir altos rendimientos de materia seca de elevado valor nutritivo durante varios años, teniendo además una producción anual uniformemente distribuida (Santiñaque y Carámbula, 1981).

Según Carámbula (2010a), las mezclas se pueden clasificar en ultra simples, mezclas simples y mezclas complejas.

Las mezclas ultra simples están formadas por una gramínea y una leguminosa, ambas de ciclo invernal o ambas de ciclo estival (Carámbula, 2010a).

Las mezclas simples están formadas por mezclas ultra simples mas una gramínea o leguminosa de ciclo complementario (Carámbula, 2010a). Según Langer (1981), con mezclas simples de especies compatibles el potencial de crecimiento individual es alcanzado con mayor facilidad, por reducción de la competencia interespecifica, y por lo tanto, el manejo es más fácil.

Las mezclas complejas están formadas por gramíneas y leguminosas del mismo ciclo (ciclo similares) o por dos gramíneas y dos leguminosas de diferente ciclos (ciclos complementarios) (Carámbula, 2010a). Langer (1981), agrega que en la práctica, las mezclas complejas son de difícil establecimiento y manejo. Es virtualmente imposible proveer condiciones de establecimiento y manejo optimo para todas las especies y algunas desaparecen pronto.

Esta necesidad de que la pastura deba estar formada por especies de ambas familias tiene varias razones, ya que ni las gramíneas solas, ni las leguminosas puras proveen una buena pastura y, por consiguiente con las mezclas mixtas ambas se complementan de manera más productiva y rentable (García y Millot 1978, Carámbula 2010a).

Las gramíneas como columna vertebral de la pastura aportan: a) productividad sostenida por muchos años, b) adaptación a gran variedad de suelos, c) facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, d) explotación total del nitrógeno simbiótico, e) estabilidad en la pastura (en especial si son perennes), f) baja sensibilidad al pastoreo y corte, g) baja susceptibilidad a enfermedades y plagas, y h) baja vulnerabilidad a la invasión de malezas (Carámbula, 2010a).

Las leguminosas por su parte, se ofrecen como: a) dadoras de nitrógeno a las gramíneas, b) poseedoras de alto valor nutritivo para complementar la dieta animal, y c) promotoras de fertilidad en suelos naturalmente pobres, así como cansados y degradados por un mal manejo (Carámbula, 2010a).

Diferentes periodos de crecimiento es el principal factor para lograr incrementos en la producción, mediante mezcla de especies con mayores diferencias en sus ritmos de crecimiento, otro factor es la posibilidad de que las mezclas también son mejores en la utilización de los recursos ambientales (Harris y Lazenby, 1974).

En otras palabras, morfologías distintas en la parte aérea y subterránea, períodos diferentes de las especies donde son capaces de desarrollar tasas máximas de crecimiento, capacidad diferencial de producir en situaciones donde ocurren distintos estreses abióticos (bajas y altas temperaturas, déficit y excesos de agua) posibilitan aprovechar mejor los recursos del ambiente sin que ocurran interferencias muy intensas, explicando los mayores rendimientos de las mezclas (Formoso, 2011).

Para mezclas ultra simple, se debe aceptar el hecho de que dichas mezclas realizan una explotación incompleta del medio ambiente, presentando un déficit marcado de producción en determinada época del año, lo que conduce a mayores posibilidades de enmalezamiento en dicho periodo, así como de dominar la fracción leguminosa, se presentan riesgo de meteorismo. En estas mezclas, la desaparición de algunas de las especies transformara automáticamente a la pastura en un cultivo puro de baja densidad y fácilmente invadido por malezas y pastos nativos de bajo rendimiento (Carámbula, 2010a).

Lo habitual es promocionar el uso de las mezclas simples por sobre las complejas. El argumento principal radica en que las mezclas complejas son muy difíciles de manejar en función de contemplar los requerimientos que cada especie componente tiene a los efectos de realizar un manejo adecuado de la defoliación. Mezclas complejas generalmente se destacan y explican los aumentos productivos por unas pocas especies, en general complementarias entre ellas. En este contexto se resalta que generalmente son más importantes las especies en determinar aumentos productivos, que la complejidad de las mezclas (Formoso, 2011).

Una dificultad existente cuando se siembran asociaciones complejas radica en las interacciones entre las plántulas durante las primeras etapas de crecimiento que pueden alterar completamente la composición futura de las mezclas, (Skinner, citado por Formoso, 2011). La diversidad de especies en mezclas puede actuar como buffer ante extremos ambientales. En este sentido la diversidad fisiológica y fenológica en comunidades complejas potencian aspectos de complementariedad entre especies y por tanto, muchas veces cuando están juntas, realizan un uso más eficiente de los recursos del suelo, agua, luz, comparativamente con comunidades compuestas por menor número de especies (Formoso, 2011).

Al respecto, se debe recordar que cuantas más especies contiene una mezcla, tanto más difícil es mantener el balance deseable entre sus componentes. Diferentes condiciones de suelo, fertilidad y pastoreo llevan indefectiblemente a la dominancia de ciertas especies en detrimento de otras, con la consecuencia lógica final del desarrollo de mezclas simples o cultivos puros (Carámbula, 2010a).

Los animales que pastorean en mezclas presentan un mayor consumo que cuando las mismas especies se encuentran en siembras puras, mostrando una mayor apetecibilidad por el forraje (Carámbula, 2010a).

En la integración de mezclas forrajeras existen muchos factores que pueden apartar en magnitud importante la composición de la asociación que se obtiene en la realidad, de la que se planificó. Sensibilidad diferencial a variables de ambiente, períodos muy fríos o calientes, secos, excesivamente húmedos, encharcamiento, encostramiento, tipo de suelos, sustancias provenientes de

descomposición de rastrojos, o de especies acompañantes, densidades de siembra entre las especies componentes de las asociaciones, velocidades diferenciales de crecimiento entre las mismas, son factores que pueden ser neutros o incidir en forma importante, positiva o negativamente, sobre los o algunos componentes de las asociaciones (Formoso, 2011) .

### 2.3 EFECTO DEL PASTOREO

Los objetivos del manejo de producción de pasturas cultivadas, según Formoso (1996), son: maximizar el crecimiento y utilización de forraje de alta calidad para consumo animal y mantener las pasturas vigorosas, persistentes y estables a largo plazo.

A esto, Smethan (1981), agrega que un buen manejo del pastoreo tiene dos objetivos principales. El primero de éstos consiste en producir una cantidad máxima de forraje, con la mayor calidad posible. El segundo objetivo es asegurar que la mayor cantidad posible de alimento producido sea comida por el animal en pastoreo. Esto implica la combinación exitosa de dos sistemas biológicos (plantas y animales) muy diferentes, pero interdependientes, con el fin de obtener el mejor uso del forraje producido sin perjudicar la producción de la pastura.

Un buen manejo no significa que la aplicación de las técnicas sean siempre las mismas para todas las especies y a lo largo de todo el año. Por el contrario, es imprescindible que las pasturas se manejen de acuerdo con las características de las especies que las constituyen, con las variaciones climáticas y con los cambios morfofisiológicos que se producen en las plantas a lo largo de su ciclo (Carámbula, 2010c).

El conocimiento del equilibrio entre los procesos principales que intervienen en la producción de pasto y su utilización (la fotosíntesis, la producción de tejido, el consumo animal, y la senescencia foliar) proporciona una base racional para optimizar el manejo del pastoreo (Parsons y Penning, 1988a).

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, 2010c).

La definición de las estrategias de manejo de pastoreo debe orientarse a optimizar la cosecha del material vegetal antes de que se produzca el envejecimiento y muerte de la primera hoja totalmente expandida que apareció posteriormente a la última defoliación. A partir de este principio, es factible ejercer un relativamente alto grado de control de la eficiencia de la producción y de la utilización de la biomasa que producen las pasturas en condiciones ambientales definidas. También otras variables de manejo (altura de corte) y de estructura de las cubiertas (densidad de macollas y diversidad florística) determinan la cantidad de forraje que resulta cosechado (Agnusdei et al., 1998).

### 2.3.1 Defoliación

Los cortes o pastoreos significan el retiro parcial o total del aparato fotosintético de las forrajeras, la disminución del tamaño del aparato foliar por defoliación implica un estrés energético sobre las plantas, tanto mayor cuanto más frecuente e intensa sea la depresión de la cantidad de área foliar retirada (Formoso, 2011).

Defoliación provoca modificaciones estructurales y poblacionales en las cubiertas vegetales, derivando en la disminución de la capacidad de las pasturas para capturar la energía lumínica que se requiere para la síntesis de compuestos orgánicos que abastecen las funciones de crecimiento de órganos aéreos y subterráneos de las plantas (Agnusdei et al., 1998).

A esto Cangiano (1997), agrega que el pastoreo provoca cambios en la composición botánica que puede afectar la cantidad, calidad y estacionalidad de la producción de la pastura y por lo tanto la producción animal.

Se caracteriza primariamente a la defoliación mediante intensidad y frecuencia (o lo inverso, intervalo de defoliación). En algunas instancias, también necesita ser caracterizada mediante rasgos adicionales: la espacial (homogeneidad o heterogeneidad) y momento (en relación al desarrollo de la planta) (Gastal et al., 2004).

La frecuencia e intensidad de los cortes modifica la cantidad de meristemos refoliadores, los niveles de energía disponibles para los mismos, y la tasa de crecimiento de los rebrotes (Formoso, 1996).

Severidad y frecuencia junto a la selectividad de los animales en pastoreo, desempeña un rol muy importante en la permanencia y productividad de una pradera. Ya que las especies que la componen varían en sus hábitos de crecimiento (Clarke, 1983).

En pasturas mejoradas el contenido de gramíneas y leguminosas, es influenciado por frecuencia e intensidad del pastoreo. Las reacciones de gramíneas y leguminosas a la defoliación son distintas. En estas mezclas, un manejo particular del pastoreo puede frecuentemente proporcionar a una u otra especie una ventaja competitiva que implique períodos de dominancia en el tapiz, siendo el pastoreo el principal factor determinante del balance entre especies (Smetham, 1981).

Según Carámbula (2010c), el desequilibrio entre las principales especies, ya sea gramíneas o leguminosas, lleva irremediablemente a pérdidas de producción de materia seca.

Cuanto más severa sea la defoliación, más largo será el período de recuperación de la pastura y menor será su producción total (Brougham 1956, Smetham 1981, Muslera y Ratera 1984, Formoso 1996, Cangiano 1997, Carámbula 2010c).

En otras palabras, el pastoreo severo asegura la eficiencia del forraje, pero en ocasiones, puede reducir la producción de forraje al minimizar la subsiguiente captación de energía lumínica. El pastoreo liviano maximiza la producción primaria, pero a costa de que un porcentaje elevado de biomasa senesca y muera en lugar de ser consumido por los animales. El manejo óptimo de la defoliación resulta, entonces, del compromiso entre la necesidad de retener área foliar para fotosintetizar, y la necesidad de remover el tejido foliar antes de que una alta proporción senesca (Parsons, citado por Colabelli et al., 1998).

Posterior a la defoliación ocurre una redistribución hormonal que promueve la división y elongación celular, además de la activación de los meristemas que permanecen en la planta, resultando en un mas rápido crecimiento foliar y promoción del macollaje (McNeughton, 1979).

El rebrote depende universalmente de la disponibilidad de puntos de crecimiento, de un área foliar remanente eficiente, de un volumen alto de sustancias de reserva en los órganos más perdurables y de sistemas radiculares amplios y vigorosos (Carámbula, 2010c).

Un manejo severo continuo puede llevar no sólo a una reducción drástica en el vigor de las plantas por bajas reservas, áreas foliares remanentes escasas y efectos negativos sobre los puntos de crecimiento, sino además conducir a sistemas radiculares poco desarrollados (Carámbula, 2010c).

Aumento de frecuencia y/o intensidad de la defoliación, incrementa la carencia de energía y los individuos modifican el tamaño de la parte aérea y radicular, para alcanzar un nuevo estado de equilibrio entre ambas. Post defoliación, la primera prioridad de las plantas es restablecer la capacidad de fijar radiación como energía y en una segunda etapa, se recompone el sistema radicular (Formoso, 2011).

McNaughton (1979), agrega que la defoliación estimula una mayor tasa de fotosíntesis en el tejido residual, relocalización de sustratos desde otro lugar o sitio de la planta, provoca un aumento en la intensidad de luz por eliminación de tejido viejo menos funcional y reduce la tasa de senescencia foliar prolongando el periodo de actividad fotosintética del tejido residual.

Los efectos de un mismo manejo de defoliación varían con la estación del año y las características morfofisiológicas de cada especie y/o cultivar (Formoso, 1996).

#### 2.3.1.1 Bases morfológicas y fisiológicas del manejo del pastoreo

El manejo de la defoliación tiene principal impacto en la estructura de la pastura, en particular en el tamaño y densidad de macollos, estos son determinados mediante el número de componentes morfogeneticos, los que son

afectados por la intensidad y frecuencia de la defoliación, a través de varios procesos fisiológicos y ambientales directos e indirectos (Gastal et al., 2004).

Como consecuencia de la eliminación de área foliar, defoliación tiene un efecto directo en movilización de reservas y suministro de estas al crecimiento de las hojas, también en algunos casos tiene efecto directo y negativo sobre el crecimiento foliar a través de daño provocados en los meristemas foliares (Gastal et al., 2004).

El efecto indirecto en la morfogénesis de hojas y macollos ocurre debido al impacto en el ambiente lumínico dentro del canopy que actúa como fuente de señales para la planta (Gastal et al., 2004).

En concordancia con lo citado en los párrafos anteriores, Parsons y Penning (1988a) agregan, que el pastoreo modifica las tasas de los principales procesos fisiológicos de las plantas. Por ejemplo, las tasas fotosintéticas pueden disminuir a menor ritmo que las tasas de senescencia foliar. Esto tendría como resultado una mayor duración del área foliar del rebrote.

Según Grant et al. (1981), la morfología de las plantas se ve modificada por efecto del pastoreo. El grado de esta modificación depende básicamente de la especie animal y la dotación a la que es sometida la pastura.

En una pastura en estado vegetativo, la morfogénesis de macollos puede ser descrita mediante tres principales variables: tasa de aparición de hojas, tasa de elongación de hojas, y periodo de vida foliar. Estos componentes están genéticamente determinados e influenciados mediante variables ambientales tal como temperatura, suministro de nutrientes, estatus de agua en planta, y adicionalmente mediante la defoliación (Gastal et al., 2004).

La optimización del balance entre estos tres procesos, en forma compatible con la sostenibilidad productiva, son objetivos principales en el manejo de pasturas. Para alcanzarlo se requiere desarrollar estrategias especializadas de utilización, es decir, que consideren los diferentes modelos morfogenéticos presentes en dichos recursos forrajeros (Agnusdei et al., 1998).



Una vez defoliadas las plantas, un sistema de “señales” determina un nuevo reordenamiento interno de las mismas donde se establece una priorización dentro de los meristemas refoliadores (Formoso, 1996).

Los procesos morfológicos y metabólicos involucrados en el rebrote de las forrajeras, están ordenados internamente por las plantas por un “sistema central de regulación”, donde se establecen jerárquicamente las estrategias de refoliación (Formoso, 1996).

La maximización de la velocidad de refoliación se sustenta en un factor morfológico, el número de meristemas refoliadores, y en otro fisiológico, la disponibilidad de energía para los mismos, que son determinantes de las tasas de rebrote (Smethan, 1981). Siendo la recuperación del área foliar resultante de la dinámica de la producción y expansión de hojas, y de la producción de macollos (Agnusdei et al., 1998).

La planta prioriza el desarrollo foliar a expensas de la propagación vegetativa (macollaje) y del crecimiento radical, en este caso los asimilatos se destinan a los meristemas foliares, a efectos de restaurar lo antes posible la superficie foliar. Cuando esto se logra, la partición de asimilatos vuelve a su patrón de distribución original, característico de las plantas sin defoliación (Escuder, 1997a).

Según Collabelli et al. (1998), el rebrote de las plantas es un proceso que en primera instancia se encuentra bajo control genético. De ello surge que el manejo de la defoliación debería estar subordinado a los límites impuestos por características morfogenéticas de las plantas, las que además, presentan marcadas diferencias interespecíficas.

Posterior a la defoliación, Brougham (1956), para una pastura de *Lolium perenne*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens* en primavera, obtuvo que por aproximadamente 3 semanas siguientes a la defoliación la tasa de crecimiento se incremento, luego por 5 semanas se mantuvo constante y posteriormente declino. Se pudo concluir que la tasa de crecimiento de la pastura se relaciono con el porcentaje de luz interceptada y con su área foliar. La máxima tasa de crecimiento se obtuvo cuando había suficiente área foliar para interceptar casi completamente la luz incidente.

A esto, Smethan (1981), agrega que una vez alcanzado el IAF crítico, la pastura crece a su máxima tasa. A medida que continúa el crecimiento, también continúa aumentando el IAF, más allá del valor crítico provoca que hojas inferiores sean sombradas progresivamente. Este IAF crítico dependerá no sólo de la época del año, sino también y, fundamentalmente, de la altura hasta la cual ha sido previamente pastoreada o cortada.

En la práctica de manejo no se puede lograr un IAF ideal en todos los momentos. Lo importante es comprender que al pastorear lo ideal debe ser dejar que la pradera crezca lo suficientemente alta como para obtener el mayor incremento de desarrollo, pero no tan alta que resulte en desperdicio por efecto de la sombra o pérdida de apetecibilidad y valor nutritivo de la pastura (Clarke, 1983).

### 2.3.2 Parámetros que definen pastoreo

#### 2.3.2.1 Frecuencia

La frecuencia es el intervalo de tiempo entre dos pastoreos, determina el número de aprovechamientos a lo largo del año (Muslera y Ratera, 1984). Si bien cada especie posee un período de crecimiento limitado, cuanto mayor es la frecuencia de utilización, menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos y por lo tanto más baja será la producción de forraje de cada uno de ellos (Carámbula, 2010c).

En ensayos de evaluación de rendimientos de praderas en relación al intervalo entre aprovechamientos, los rendimientos son más elevados cuando los intervalos entre aprovechamientos son más largos (Muslera y Ratera, 1984).

Según Smetham (1981), la mayor producción total se obtiene mediante empleo de intervalos moderadamente largos entre períodos de pastoreo, que mediante el uso de períodos de descanso cortos, pero períodos de pastoreo frecuentes resultan en una producción igualmente elevada si se deja un área foliar suficiente en la pastura después del pastoreo.

A esto, Formoso (1996), agrega que la disminución productiva en relación al aumento de la frecuencia de defoliación varía con las especies que componen la pastura.

La heterogeneidad morfogenética de las pasturas indica que las especies diferirán en el tiempo que requieren para alcanzar su máxima capacidad de acumulación de tejido foliar y, por lo tanto en la frecuencia de defoliación que optimiza la cantidad de forraje cosechable (Lemaire y Chapman, citados por Agnusdei et al., 1998).

En las gramíneas de porte postrado las mayores frecuencias de defoliación promueven rendimientos más altos (Reid, citado por Carámbula, 2010c) y en especies de porte erecto ocurre lo inverso (Brougham, citado por Carámbula, 2010c).

En los tratamientos de defoliación poco frecuente las especies erectas como las gramíneas son capaces de crecer en altura y por lo tanto sombrear a las especies más postradas como los tréboles, mientras que con defoliaciones frecuentes esta relación se invierte (Carámbula, 2010c).

La respuesta de las plantas al aumento en la frecuencia de los cortes se refleja, en primera instancia, en plantas de menor tamaño de entrenudos y consecuentemente de hábito mas postrado (Formoso, 1996).

En cuanto a la eficiencia de utilización del forraje producido, aquellos genotipos que presentan un recambio foliar más acelerado deberían ser defoliados con alta frecuencia para evitar que se produzcan altas pérdidas de material por senescencia. Ese rápido recambio implica una rápida restitución de área foliar y un alto potencial de macollaje. Con el mismo criterio, los genotipos con baja tasa de aparición de hojas presentan bajos niveles de senescencia por períodos más prolongados. Esto, sumado a una menor velocidad de restitución de tejido foliar, los hace especialmente aptos para sistemas de utilización que involucren defoliaciones poco frecuentes (Colabelli et al., 1998).

Un factor que contribuye al mayor rendimiento relativo de las pasturas sometidas a períodos de descanso prolongados versus aquellas sometidas a períodos de descanso corto o a un pastoreo continuo es que las plantas tienen

la oportunidad de reaprovisionar sus reservas en el periodo de los manejos. Como consecuencia de esto, las plantas cortadas o pastoreadas antes de ser sometidas a un período de descanso suficientemente largo como para recuperar las reservas utilizadas, tendrán un rebrote más lento y su rendimiento será menor (Smethan, 1981).

Las pasturas sometidas a períodos de descanso prolongados producen relativamente más que aquellas sometidas a intervalos entre cortes o períodos de pastoreo más cortos, debido a que las primeras tienen la oportunidad de crecer a una tasa máxima durante mayor tiempo, y por lo tanto, rinden más (Smethan, 1981).

Además cuando los descansos son cortos las especies están sometidas a un régimen de extracción de tejido foliar más rápido que el requerido para que las mismas recompongan su aparato fotosintético y, por ende, para mantener un estatus fisiológico sostenible (Fulkerson y Slack, 1994).

En invierno, es posible realizar pastoreos con intervalos menores, pues el IAF óptimo es más bajo que en otras épocas del año. Intervalos menores en esta estación impiden no sólo menor sombreado por parte de los estratos superiores de hojas, sino que además existen pérdidas menores de hojas por muerte y descomposición de los estratos inferiores (Brougham, citado por Carámbula, 2010c).

En relación al manejo invernal, Smethan (1981), propone intervalos de descansos máximos hasta 40-50 días, porque durante este periodo el crecimiento exhibe su tasa más lenta.

Según Carámbula (2010c), cuando la frecuencia de defoliación a la que se somete una pastura es determinada en función de la acumulación de forraje pre pastoreo, del orden de 1,5 a 2,0 t/ha durante primavera-verano-otoño, se obtienen los mayores rendimientos de forraje invernal y anual, mejorándose además la persistencia productiva de las especies. Por el contrario, frecuencias de pastoreo determinadas por acumulaciones de forraje pre pastoreo de 0,5 a 1,0 t/ha reducen drásticamente la productividad y persistencia de las especies, incrementando además el grado de enmalezamiento estival, fundamentalmente el de gramilla.

### 2.3.2.2 Intensidad

La intensidad hace referencia al rendimiento de cada corte o pastoreo, el mismo esta dado por la altura del rastrojo al retirar los animales, no sólo afecta, sino que también condicionan el rebrote y por lo tanto la producción subsiguiente, así como la vida misma de la pastura (Carámbula, 2010c).

Cuando se comparan intensidades de aprovechamiento, estimada por la altura del forraje remanente, las producciones más elevadas se obtienen cuando el aprovechamiento ha sido menos intenso (Muslera y Ratera, 1984). 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, 2010c).

La disminución en el crecimiento de forraje es el factor dominante en las pasturas pastoreadas intensamente, en tanto que en pasturas pastoreadas con baja intensidad, lo es el bajo aprovechamiento de forraje. Por consiguiente, para la máxima producción por hectárea se debe evitar una defoliación tan severa que disminuya el crecimiento de la pastura, pero que, a su vez, sea lo suficientemente intensa como para que la eficiencia de cosecha sea alta, disminuyendo las pérdidas de forraje por senescencia (Cangiano, 1997).

Según Smethan (1981), cuando el rastrojo remanente es alto se obtienen menores rendimientos, en primer lugar porque, el rastrojo consiste en material vegetal más viejo, de menor eficiencia fotosintética, los tallos, hojas y macollos tienen una duración máxima de vida limitada y una proporción de ellos mueren y ocasionan una pérdida de materia seca antes que se realice el siguiente corte, y en segundo lugar, el material vegetal muerto o senescente del rastrojo intercepta, inútilmente energía luminosa, sombreando las hojas verde, reduciendo la tasa de rebrote y la iniciación de macollos.

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 que compensa temporariamente eventuales IAF bajos (Carámbula, 2010c).

El tiempo transcurrido hasta lograr el IAF crítico dependerá no solo de la época del año, sino también y, fundamentalmente de la altura hasta la cual la pastura ha sido previamente pastoreada o cortada. Cuanto más corta sea defoliada una pastura, mayor será el periodo transcurrido antes de que se alcance el IAF crítico (Smethan, 1981).

Cada especie posee una altura mínima a la cual puede dejarse el rastrojo sin que el crecimiento posterior sea afectado desfavorablemente. Así, las especies postradas admiten alturas menores de defoliación que las especies erectas, aunque estas últimas puedan adaptar parcialmente su crecimiento hacia arquitecturas más rastreras como respuesta a un manejo intenso (Carámbula, 2010c).

Matches (1966), trabajando con *Festuca arundinacea*, observo un incremento de la proporción de macollos intactos, mayor diaria y total producción de forraje después de la defoliación a medida que se incrementaba la altura del rastrojo remanente de 2,5 cm a 10 cm. Con cortes cada 10 días y con remanente de 2,5 cm observo un porcentaje de 0% de macollos intactos y muerte de todas las plantas 32 días después del comienzo de dicho tratamiento.

A esto, Carámbula (2010c), agrega que para evitar inconvenientes y como recomendación general, las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio a 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS GRAMÍNEAS Y ESTRUCTURA DE LAS PLANTAS

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

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

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

La temperatura es el principal factor climático que determina el desarrollo foliar (Anslow, 1966). La dinámica de producción y pérdida de forraje de las pasturas puede ser modelizada a partir de la relación entre la aparición de hojas y la temperatura (Colabelli et al., 1998).

#### 2.4.1 Morfogénesis de gramíneas forrajeras

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

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

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

##### 2.4.1.1 Tasa de aparición de hojas

Es el intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas en un macollo. Dicho intervalo puede ser expresado en días. Sin embargo, debido a la estrecha relación con la temperatura, puede ser calculado como suma térmica (producto del intervalo de días, por la temperatura media diaria del intervalo). En este caso, se denomina Filocrón y su unidad es grados día (Chapman y Lemaire, 1993). Diferencias en tasa de aparición foliar son encontradas entre género,

especie y entre variedades dentro de la misma especie (Anslow, 1966). Según Agnusdei et al. (1998) *Festuca arundinacea* presenta un valor de filocrón de 204°C día.

#### 2.4.1.2 Tasa de elongación foliar

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

#### 2.4.1.3 Vida media foliar

Es el intervalo transcurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia. Puede ser expresada como número de intervalos de aparición de hojas. Las hojas tienen una vida limitada, siendo ésta una característica relativamente estable para cada genotipo (Chapman y Lemaire, 1993).

Una vez que se alcanza un número máximo de hojas vivas, las especies no acumulan en pie una mayor cantidad de material foliar vivo porque mientras aparece una nueva hoja, la más vieja se estará muriendo (Agnusdei et al., 1998). Por ejemplo, en raigrás perenne el promedio de hojas vivas por macollo raramente excede 3, y la aparición de una cuarta hoja tiende a ser contrabalanceada por la pérdida de la primera que se formó (Colabelli et al., 1998).

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

El crecimiento y el desarrollo de las plantas están fuertemente controlados (estimulados o frenados) por las condiciones ambientales, temperatura, luz, disponibilidad de agua y nutrientes (Colabelli et al., 1998).

Entre los factores del ambiente, la temperatura es el factor frente al cual las plantas responden en forma instantánea. Es la señal ambiental primaria que



gradúa la demanda del programa morfogenético y la oferta del sistema de asimilación (Colabelli et al., 1998).

#### 2.4.2.1 Efecto de la temperatura

En principio, la velocidad de un proceso morfogenético es proporcional al incremento de temperatura, por encima de un umbral por sobre el cual la planta responde desarrollándose y/o creciendo (Colabelli et al., 1998).

La tasa de elongación foliar, al igual que la tasa de aparición de hojas, aumenta proporcionalmente con la temperatura (Chapman y Lemaire, 1993).

Chapman et al. (1983) proponen que la tasa de aparición foliar tiene un patrón estacional relacionado con las variaciones de temperatura a través del año, para el caso de *Lolium perenne*, *Agrostis spp.* y *Trifolium repens* observo que la tasa de aparición foliar disminuía hacia invierno, en donde registraron las menores tasas y luego en primavera aumentan progresivamente hasta verano. El mismo patrón también fue observado para tasa de elongación foliar y tasa de aparición de macollos.

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

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

#### 2.4.2.2 Efecto del agua

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

En general, elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división de células, esto provoca la reducción de la tasa de elongación foliar, que determina un menor tamaño de las hojas en plantas creciendo en condiciones hídricas limitantes (Turner y Begg, 1978).

En condiciones de deficiencia hídrica, se ha encontrado además una reducción de la tasa de macollaje y del número de hojas vivas por macollo, y un paralelo incremento de los procesos de senescencia de hojas y macollos (Turner y Begg, 1978).

El conjunto de efectos del déficit hídrico sobre las variables morfogenéticas a nivel de macollo y variables estructurales de las pasturas, determina una fuerte incidencia sobre el desarrollo del IAF. Por consiguiente, una parte importante de la reducción de la tasa de crecimiento de una pastura puede ser explicada a partir de la menor cantidad de energía lumínica interceptada por cultivos carenciados en agua en comparación con cultivos alimentados a nivel no limitantes (Colabelli et al., 1998).

La modificación de la relación raíz/parte aérea con el desarrollo preferencial de raíces bajo estrés hídrico es un mecanismo que capacita a la planta a explorar un mayor volumen de suelo para tomar agua, y es ciertamente una adaptación morfológica útil para proveer agua disponible a profundidad (Turner y Begg, 1978).

#### 2.4.2.3 Efecto del Nitrógeno

La mortalidad de hojas es un proceso ligado a su aparición, y para las gramíneas forrajeras templadas, un macollo adulto es capaz de sostener alrededor de tres hojas vivas. Sin embargo, en condiciones de deficiencias severas de nitrógeno se han encontrado reducciones en el número de hojas vivas por macollo, probablemente por la acción de un programa de senescencia

que determina una redistribución del nitrógeno hacia órganos prioritarios (Thomas y Stoddart, 1980).

La elongación foliar es la actividad meristemática que demanda prioritariamente elementos minerales, y su disponibilidad proviene del consumo directo a partir del suelo o de la traslocación de los tejidos senescentes. La tasa de elongación foliar en gramíneas forrajeras es la componente más importante en la determinación del crecimiento aéreo, y en comparación a los demás componentes del crecimiento, es la que mayor sensibilidad muestra a diferentes niveles de nutrición con nitrógeno (Gastal y Lemaire, citados por Colabelli et al., 1998).

Independientemente del efecto beneficioso de la fertilización sobre el macollaje, también se debe tener en cuenta que si esta práctica produce un rápido incremento del IAF acelera la muerte de macollos en desarrollo (Scheniter, 2005). Simon y Lemaire (1987), agregan que el nitrógeno aumenta el número de macollos por planta, pero el efecto del nitrógeno comienza a desaparecer con el aumento del IAF.

Mazzanti et al. (1997), indican que fertilizaciones nitrogenadas en cultivos con deficiencias de este elemento y en ausencia de otras restricciones nutricionales o de humedad provoca incrementos de la tasa de elongación foliar, de la tasa de aparición de hojas y estimulan la producción de macollos para una misma temperatura en *Lolium multiflorum* y *Avena sativa*.

#### 2.4.2.4 Efecto de la calidad de luz

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

El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente heterogéneo. La parte superior del mismo recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo ésta exponencialmente con la profundidad dentro de los estratos foliares (Colabelli et al., 1998).

En términos generales, una baja cantidad de luz y una baja relación R:RL provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea, alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje y eventualmente una reducción de la aparición de hojas (Casal et al., 1987).

Hojas superiores en el canopy ejercen sombreado sobre hojas inferiores, la intercepción de luz de las hojas superiores altera la calidad de la luz que penetra los niveles más bajos, promoviendo la senescencia de hojas sombreadas (Thomas y Stoddart, 1980).

Con aumentos en el IAF y en condiciones de ausencia de deficiencia de nitrógeno el cese del macollaje es determinado por el grado de sombreado que limita la aparición de nuevos macollos. Para *Lolium perenne* la tasa de macollaje aumento hasta un IAF de 3, y por encima de este valor se observo disminución en dicha tasa (Simon y Lemaire, 1989).

Schneiter (2005), agrega que macollos sombreados pueden ser suprimidos, los más jóvenes son los primeros en morir como resultado de la competencia por luz por parte de los macollos más grandes y probablemente muchas yemas aborten y no lleguen a formar macollos cuando la pastura presenta un elevado volumen de forraje. La estructura de la cubierta se caracteriza por una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado (Colabelli et al., 1998). Un aspecto fundamental es la necesidad de dar luz a la base de las pasturas, para estimular la actividad de las yemas axilares y aumentar la densidad de las pasturas (Casal et al., 1984).

#### 2.4.1.4 Dinámica de población de macollos

El rendimiento de una pastura puede ser considerado como proveniente de dos fuentes principales: a) el número de macollas y tallos por área de pastura y b) el peso individual de cada macolla y tallo (Carámbula, 2010a).

Según Jewiss, citado por Carámbula (2010a), el proceso de macollaje posee gran importancia debido a que cumple tres funciones: a) ayuda al establecimiento de las plántulas asegurando la producción rápida de área foliar

suficiente para interceptar luz y competir con las malezas, b) es esencial en la regeneración de la pastura, compensando la mortalidad de plantas vecinas, y c) es esencial para la perennidad de las plantas dada la habilidad para presentar elevada longevidad sin límites definidos.

Las plantas de gramíneas están compuestas por un número variable de unidades morfológicas y funcionales denominadas macollos, a partir de los cuales se originan nuevas hojas, macollos y raíces (Marchegiani, 1985).

Cada macollo está constituido por una serie de segmentos, denominados fitómeros, generados a partir del meristema apical, desde el ápice hacia la base de la planta (Escuder, 1997c).

Cada fitómero consta de una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema apical (Escuder, 1997c). El número y longitud de los fitómeros determina variaciones en macollos individuales, y el arreglo espacial de macollos en una planta (Colabelli et al., 1998).

El crecimiento de los hijos o nuevos tallos se produce a partir de yemas que aparecen en la axila de la hoja o primordio de hoja (Langer, 1981), estos van diferenciándose al mismo ritmo que las hojas en una sucesión ascendente a lo largo del tallo (Muslera y Ratera, 1984).

El macollo principal da origen a macollos primarios, que forman a su vez, macollos secundarios, éstos macollos terciarios, y así sucesivamente. Aunque su estructura es idéntica todos ellos difieren en el momento de su origen y, así, en edad y tamaño: como consecuencia, no se comportan de la misma manera incluso cuando las condiciones ambientales son uniformes para toda la planta (Langer, 1981).

La densidad de macollos en una pastura es el balance entre la cantidad de macollos que aparecen y la cantidad que se mueren. El número de macollos varía con la estación del año (Scheneiter, 2005), mostrando la población de macollos una alta variabilidad entre años y entre distintos sistemas de defoliación (Bertín, citado por Scheneiter y Amendola, 2012).

Formoso (2010), en un experimento realizado en *Festuca arundinacea* cultivar Tacuabé, observo que la evolución anual de macollaje, presenta dos periodos bien diferenciados. Una primera fase que comprende desde el primero de marzo al primero de setiembre y se caracteriza por un predominio de la tasa de formación de nuevas macollas por sobre la tasa de muerte de las mismas, resultando en un aumento importante de la población de macollos. La segunda fase comprende desde el primero de setiembre al primero de marzo, caracterizándose por un predominio de la tasa de muerte de macollos por sobre la de formación de las mismas determinando una disminución de la población de macollos hasta comienzo de otoño. Durante el mes de agosto previo al alargamiento de entrenudos fue donde se alcanzaron las mayores poblaciones de macollos de toda la estación de crecimiento.

Scheneiter y Améndola (2012), en la Estación Experimental de Pergamino, Argentina, vieron una evolución similar en la población de macollos de *Festuca arundinacea*, siendo el máximo de población en el mes de setiembre con 2900 macollos m<sup>2</sup> y un mínimo de 1100 macollos m<sup>2</sup> en el mes de enero para el promedio de tres años de estudio.

Mc Reaside et al. (2012), observaron que la tasa de aparición de macollos fueron máximos en agosto-setiembre, luego desciende la aparición desde diciembre a febrero, aumentando desde abril hasta mayo y descendiendo nuevamente en junio y julio.

En cuanto a muerte de macollos aumenta en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, siendo el valor máximo para el mes de diciembre, el segundo pico menor al del periodo anterior se observa en los meses de junio y julio (Mc Raeside et al., 2012).

En concordancia con lo citado en los párrafos anteriores Carámbula (2010a), describe un aumento de densidad de macollas después del verano, una máxima producción en el otoño, una menor producción en el invierno, un nuevo incremento en la aparición de macollas en primavera con una marcada declinación en el momento de la floración.

Saldanha (2009), para una pradera de *Lolium multiflorum*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de primer año observo un aumento en el número de macollos de la gramínea a medida que se incrementaba la oferta de forraje.

Parsons, citado por Scheneiter (2005) agrega que, un pastoreo con baja dotación animal conduce a una pastura compuesta por una baja densidad de macollos de gran tamaño. Por el contrario, cuando se pastorea con dotación alta, la pastura consistirá en una alta densidad de macollos de menor tamaño y hojas pequeñas. Consecuentemente, con ambas dotaciones, las pasturas pueden acumular forraje verde a tasas de crecimiento similares aunque mediante mecanismos distintos. Esta compensación no se cumple cuando la dotación es excesivamente baja o alta. En el primer caso, porque deprime el macollaje posterior con el deterioro de la estructura de la pastura y en el segundo caso, debido a que la pastura es consumida muy frecuentemente y al ras del suelo, con lo cual queda poco tejido foliar para sostener el crecimiento y el reemplazo de macollos.

Mc Raeside et al. (2012), observaron en una pradera de *Festuca arundinacea* mayor aparición de macollos bajo el tratamiento de pastoreo continuo. En referencia a los tratamientos de pastoreo rotacional se observo una mayor aparición de macollos en el pastoreo con remanente de 2 hojas superando a los tratamientos de 3 y 4 hojas como remanente. En relación a la tasa de muerte de macollos observaron un similar comportamiento que para la tasa de aparición de macollos, siendo las tasas máximas con pastoreo continuo seguido por el pastoreo rotacional con remanente de 2 hojas y posteriormente los tratamientos de 3 y 4 hojas como remanente.

Según los resultados anteriores y en referencia a la tasa de aparición de macollos, pueden ser explicados debido a que dicha tasa es reducida por sombreado mutuo, porque se restringe el desarrollo de sitios potenciales de macollos (Mitchell y Coles, citados por Chapman et al., 1983). En otras palabras, al reducir la relación rojo/rojo lejano que llega a la base de la pastura por sombreado del forraje acumulado en pastoreo menos intensos o frecuentes, se reduce el macollaje (Fulkerson, citado por Saldanha, 2009).

Para los resultados de la tasa de mortalidad de macollos se puede citar como posibles causas que bajo pastoreos severos aumenta la muerte de

macollos por una reducción de las reservas de carbohidratos o por limitado enraizamiento (Fulkerson y Slack, 1995).

Muslera y Ratera (1984), dividen los factores que afectan el proceso de macollaje en genéticos, debido a las características de cada planta y en ambientales considerando como principales temperatura, luz, agua y nutrientes.

Carámbula (2010a), cita como principal factor a la intensidad de la luz (determina la provisión de asimilatos). El proceso de macollaje es desacelerado por pastoreos muy aliviados debido a un aumento del sombreado así como, cuando las temperaturas nocturnas son más altas que las diurnas, al ser reducidas de esta manera las pérdidas de asimilatos por respiración.

#### 2.4.1.5 Dinámica de desarrollo radicular

El desarrollo de la raíz tiene importancia porque de ella depende la absorción del agua y nutrientes (Muslera y Ratera, 1984).

Las plantas forrajeras poseen dos sistemas radiculares bien definidos, raíces seminales y raíces adventicias (Langer, 1981).

Las raíces seminales que se producen durante la germinación suelen durar poco tiempo (Muslera y Ratera, 1984). En cuanto a las raíces adventicias, ellas aparecen en los nudos de los tallos, justo por debajo de los meristemos nodales intercalares (Carámbula, 2010a).

Las raíces tienen una distribución en el terreno que afectara a la supervivencia y producción futura de la planta, la mayor parte de las raíces se desarrollan en la capa superficial del terreno, en los primeros 10 cm, donde se encuentra la materia orgánica y los elementos minerales que van a servir para la alimentación de la planta (Muslera y Ratera, 1984).

El crecimiento de la raíz a lo largo del año se produce estacionalmente durante períodos que no coinciden con el de la parte aérea de la planta. En las especies de clima templado se produce alguna actividad de crecimiento de las raíces incluso en pleno invierno, cuando las temperaturas son muy bajas, pero el máximo crecimiento se produce a principios de primavera cuando aún la



actividad vegetativa no es muy grande. En cierto modo es una fase preparatoria de lo que va a ser el gran crecimiento de primavera para el cual la planta necesita disponer de un sistema radicular potente y activo (Muslera y Ratera, 1984).

A finales de primavera y comienzo de verano las raíces detienen su crecimiento como consecuencia de las altas temperaturas y porque el desarrollo de las inflorescencias necesita de las reservas que muchas plantas almacenan en las raíces (Muslera y Ratera, 1984).

En todas las circunstancias la formación y actividad de las raíces de las especies templadas es favorecida por temperaturas bajas e intensidades de luz altas, ya que la provisión de carbohidratos desde los tallos hacia las raíces, bajo dichas condiciones climáticas, es mayor. Por ello, el desarrollo y crecimiento de nuevas raíces se registra básicamente tarde en invierno y principios de primavera (Carámbula, 2010a).

La defoliación por corte o pastoreo produce, al eliminar las hojas, decrementos bruscos en la provisión de carbohidratos a las raíces y, por lo tanto, su crecimiento y actividad se detienen momentáneamente, hasta tanto el área foliar se va reemplazando progresivamente. Por lo que se puede asumir que en los sistemas radiculares existe también una evolución continua que involucra la senescencia, muerte y nueva formación de raíces (Carámbula, 2010a).

En otras palabras las defoliaciones producen un patrón en el crecimiento de las raíces como consecuencia de que la planta utiliza los hidratos de carbono almacenados en ellas para recomponer la parte aérea, hasta alcanzar una relación parte aérea/raíces que es constante en cada planta en una fase determinada de su desarrollo. La intensidad de la defoliación también afecta a la utilización de las reservas. Un corte bajo deja a la planta sin material clorofílicamente activo que pueda sintetizar los hidratos de carbono que necesita para su posterior crecimiento, pero las nuevas hojas que aparecen rápidamente son material joven muy eficiente y el proceso de recuperación se inicia rápidamente (Muslera y Ratera, 1984).

El peso de la parte aérea de la planta está en relación con el sistema radicular. Una reducción de la parte aérea por defoliación continuada produce la muerte de parte del sistema radicular. La muerte de las raíces se produce de acuerdo con un orden. Las raíces principales que canalizan el flujo de nutrientes en las dos direcciones, suelo parte aérea, disponen de más reservas y sobrevivirán más tiempo que otras raíces secundarias. Esta reducción del sistema radicular no tiene porque ser perjudicial para la planta, pero indirectamente la planta pierde capacidad de alimentación y de resistencia a sequía, pues reduce el volumen de suelo que puede explorar (Muslera y Ratera, 1984).

Los sistemas radiculares son muy sensibles a las reducciones en la intensidad de luz disponible para las hojas, siendo este efecto más nocivo en las raíces que en los tallos y macollas (Carámbula, 2010a).

La falta de luz por competencia de otras plantas afecta también al crecimiento de las raíces y a la relación parte aérea/raíz como consecuencia de la reducción de hidratos de carbono, aunque el desarrollo de las raíces se detiene al someter a la planta a una iluminación reducida, esta se reanuda después de unos días (Evans, citado por Muslera y Ratera, 1984).

## 2.5 PRODUCCIÓN ANIMAL

### 2.5.1 Efectos del pastoreo sobre el desempeño animal

El primer paso para lograr una alta producción ganadera, es producir la máxima cantidad de forraje. Pero no solo eso es suficiente, ya que la respuesta productiva de un determinado sistema ganadero va a depender, no sólo de cuál sea su base forrajera sino de cómo sea utilizado el forraje producido. Existe una interdependencia entre el suelo, la pastura y los animales, que determina la complejidad que presentan los sistemas ganaderos (De León, 2007).

Las variables de la pastura que afectan al animal son: la cantidad de forraje disponible, la calidad de la oferta forrajera y la estructura o distribución espacial de los componentes de la pastura (De León, 2007).

Estas tres características de las pasturas, definirán el Consumo de Materia Seca Digestible que se relaciona en forma directa con la ganancia de peso del animal (De León, 2007).

A esto Montossi et al. (1996) agrega que la performance animal será un efecto directo de la cantidad y calidad de forraje consumido, pero modificado por la habilidad del propio animal en digerir y transformar esa materia seca en nutrientes asimilables.

Según Gregorini (2007), el manejo del pastoreo define un punto cardinal entre la producción primaria y secundaria en los sistemas pastoriles. La relación animal/recurso explotado (forraje) determina la mayor parte de la rentabilidad de las empresas ganaderas pastoriles. El porqué de la importancia de esta relación yace en la interacción “planta-rumen-animal”. La cual conecta al estado fisiológico-nutricional del animal, la accesibilidad y valor nutritivo del forraje disponible, como también el efecto del manejo sobre la capacidad de cosecha de nutrientes por parte de los animales.

La eficiencia de utilización del forraje por el animal es afectada por el método y la intensidad de uso, determinando la eficiencia de utilización a nivel global (Raymond, 1964).

Morley (1981) afirma que la intensidad de pastoreo de pasturas es el principal determinante de la producción animal por unidad de área, afectando el desempeño individual por animal.

El entendimiento y conocimiento de las relaciones entre animales y pasturas son factores determinantes de la maximización de la producción animal en sistemas pastoriles (Montossi et al., 1996).

La clave para maximizar la eficiencia en la producción y utilización de las pasturas la tiene quien decide permanentemente los momentos de pastoreo de cada lote, la dotación animal, el tiempo de utilización, ingreso y salida de los animales, el sistema de pastoreo, entre otros. En la medida que se manejen objetivos y criterios claros, el resultado será el óptimo (De León, 2007).

### 2.5.2 Consumo animal

En términos generales, el consumo de forraje por animal, depende de una serie de variables: cantidad de forraje disponible por animal (se expresa como kg de MS/animal/día), disponibilidad forrajera (kg de MS/ha), digestibilidad de la MS, peso vivo, edad, nivel de producción (ganancia de peso) y medio ambiente (clima, longitud del día, entre otros) (Rovira, 2008).

Desde otro punto de vista, las especies que componen las pasturas e incluso, las partes de las plantas, varían en su digestibilidad y en su contenido de nutrientes. El consumo de nutrientes, a su vez, es el producto de la cantidad de pasturas consumidas y la concentración de nutrientes de dicho forraje (Galli, 1996).

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

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

El modelo conceptual adoptado por Allden y Whittaker (1970), en el que el consumo de materia seca ( $\text{g.día}^{-1}$ ) fue expresado como el producto de tasa de consumo ( $\text{g.hora}^{-1}$ ) y el tiempo de pastoreo ( $\text{horas.día}^{-1}$ ). La tasa de consumo a su vez ha sido expresada como el producto del peso de cada bocado individual ( $\text{g.bocado}^{-1}$ ) por el número de bocado por hora ( $\text{bocado.hora}^{-1}$ ).

$C = TP \times TB \times CB$ , donde:

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

TP= Tiempo de pastoreo (min/día)

TB= Tasa de bocado (bocado/min)

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

Laca et al. (1992) utilizando pasturas artificiales, ubicaron a la altura y la densidad del forraje como los factores más importantes en la definición de la profundidad y área de bocado y consecuentemente en el peso de bocado.

A nivel del bocado individual se ha establecido la ligazón funcional entre la ingestión del animal y las características morfológicas y espaciales de la pasturas (Laca et al., 1994).

El peso de cada bocado se compone del volumen de forraje cosechado por el animal y la densidad del horizonte de pastoreo. El volumen cosechado en un bocado individual va a ser resultado de la profundidad de pastoreo (plano vertical) y del área que el animal es capaz de cubrir con la lengua (Chillibroste, 1998).

Tanto el área como la profundidad del bocado son definidos sobre la pastura luego del pastoreo. La profundidad del bocado es la diferencia entre la altura inicial y la altura residual promedio de los tallos o macollos consumidos. El área del bocado es el área total de unidades estructurales de la planta consumidas dividido el número de bocados tomados (Galli y Cangiano, 1998).

La respuesta de la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo al peso del bocado es generalmente negativa. Se puede interpretar que el animal compensa el bajo peso de bocado en un intento de mantener el consumo diario (Galli y Cangiano, 1998).

El consumo por bocado se relaciona directamente con las condiciones del tapiz en el tiempo y, en particular, a variaciones en altura de pastoreo y en la densidad y morfología del forraje en el horizonte de pastoreo. Cuando el consumo por bocado es reducido esto puede corresponder a una caída en la tasa de entrada de forraje a menos que se produzca compensación a través de un aumento en la tasa de bocado. También frente a cualquier reducción en la entrada de forraje puede ser compensada por un aumento en el tiempo de pastoreo. En la práctica, ambos tasa de bocado y tiempo de pastoreo tienden a aumentar cuando consumo por bocado cae, pero esos cambios raramente son suficientes para prevenir una caída en el consumo diario de forraje (Hodgson, 1990).

El peso de bocado es muy sensible a variaciones en la altura del forraje y cuando disminuye, ante una disminución de la altura de la pastura, el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado tienden a aumentar “en compensación” hasta un cierto valor crítico, por debajo del cual dicha compensación es insuficiente para evitar una caída en la tasa de consumo y en el consumo diario (Cangiano, 1997).

En general cuando el forraje es escaso, más tiempo se gasta en pastoreo, el número de bocados por minuto se incrementa pero el consumo por hora de pastoreo disminuye (Arnold, 1981).

Según Hodgson (1990), el consumo de forraje es influenciado por tres principales grupos de factores: los que afectan la digestión de forraje (relacionan principalmente la madurez y concentración de nutrientes del forraje consumido), los que afectan la ingestión de forraje (relacionan principalmente la estructura física y canopy del forraje) y los que afectan la demanda de nutrientes y la capacidad ingestiva y digestiva del animal (relacionado a la madurez y estado productivo del animal).

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

Los factores no nutricionales están relacionados a la habilidad de los animales para cosechar las pasturas, y los factores de mayor importancia son la estructura de la pastura y la conducta de los animales en pastoreo (Poppi et al. 1987, Thompson y Poppi 1994).

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

Los primeros se refieren básicamente a aquellas variables que afectan la cosecha física (accesibilidad) del forraje que el animal puede realizar y son los que en primera instancia determinan el consumo. Dichas variables son, por

ejemplo, la estructura de la pastura, la disponibilidad por animal y por hectarea y la cantidad de forraje post pastoreo (García, 1995).

Los factores nutricionales (digestibilidad, proteína, entre otros) también influyen, pero su importancia relativa es mayor cuando el consumo es alto (alta disponibilidad por animal, alta cantidad de forraje post pastoreo) (Poppi et al., 1987).

A partir de las consideraciones anteriores, cuando la cantidad de forraje es lo suficientemente alta, el carácter del forraje determina el consumo a través de la distensión ruminal o, cuando el forraje es de muy alta calidad, a través del mecanismo metabólico. En el caso inverso, cuando la cantidad de forraje es baja, el carácter del mismo puede tener poco o nada de efecto sobre el consumo. En esta condición, el consumo es afectado por el comportamiento ingestivo del animal a través de limitaciones en el peso de bocado, la tasa de bocado y/o el tiempo de pastoreo. Este tipo de limitaciones también podría darse en condiciones de alta cantidad de forraje, pero de baja disponibilidad efectiva o accesibilidad (Cangiano, 1997).

La relación entre consumo de materia seca y cantidad de forraje describe una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo. En esta curva se puede distinguir una parte ascendente, que es en donde la capacidad de cosecha del animal (factores no nutricionales) limita el consumo por una regulación a través del comportamiento ingestivo. Este comportamiento incluye el tiempo de pastoreo (minutos por día), la tasa de bocados (bocados por minuto) y el peso de bocado (g), y es afectado a través de la selección de la dieta y la estructura de las pasturas. En esta parte de la curva el consumo es muy sensible a cambios en la fitomasa, oferta de forraje y altura, de manera que pequeñas variaciones en cualquiera de éstas tendrá gran efecto en la producción animal. En la parte asintótica de la curva, en cambio, los factores nutricionales como la digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos son de importancia en el control del consumo, considerando que la disponibilidad de forraje no es limitante (Cangiano, 1997).

### 2.5.2.1 Disponibilidad, altura y estructura

Las características estructurales no nutricionales del tapiz como disponibilidad, altura del forraje disponible y la densidad son determinantes del tamaño y peso de bocado, principal componente de la tasa de consumo instantánea (Chillibroste, 1998).

En otras palabras Muslera y Ratera (1984), agregan que hay que tener en cuenta, que el forraje disponible inicialmente, o su altura, son insuficientes para explicar las variaciones en la ingestión de forraje, pues también depende de la estructura de la pradera y de las dificultades que presente al pastoreo. Por lo tanto la ingestión de forraje está influenciada por la altura y densidad del horizonte de pastoreo, es decir, por la disponibilidad de forraje.

El consumo es deprimido cuando la cantidad de forraje disponible cae debajo de cierto nivel, como puede ocurrir particularmente cuando la presión de pastoreo es alta. El efecto de baja disponibilidad puede ser acentuado por suelo con estiércol y orina (que es también mayor en sistemas de alta presión) por infecciones de hongos en el forraje, y por la presencia de residuos maduros que el animal intenta evitar comer (Raymond, 1964).

En general, cuando el forraje es escaso, el tiempo de pastoreo se alarga, el número de bocados aumenta, pero el consumo por hora de pastoreo disminuye. Una típica observación, muy común, que proviene del pastoreo rotativo es que al entrar el ganado a pastorear, en ese primer día las horas de pastoreo fueron de 7,7, pero ya en el segundo día subieron a 9,4 horas, los valores que se pueden considerar normales caen entre 7 y 10 horas por día (Castle y Watkins, citados por Rovira, 2008).

La ingestión del forraje depende de la cantidad de hierba disponible, existiendo un nivel crítico por debajo del cual disminuye muy rápidamente. Este nivel es de 1.100 a 2.800 kg de MS/ha para ganado vacuno en pastoreo (Muslera y Ratera, 1984).

Allder y Whittaker (1970), en un estudio de comportamiento con ovinos observaron una estrecha relación entre tasa de consumo y disponibilidad de forraje. Cuando la tasa de consumo disminuye corresponde con el punto donde



el tiempo de pastoreo aumenta. Con disponibilidad de forraje mayor a 3000 kg/ha ambas, tasa de consumo y tiempo de pastoreo fueron relativamente constantes. Cuando la cantidad de materia seca por hectárea disminuye desde 3000 a 500 kg/ha se produjo una reducción de cuatro veces en el consumo de forraje, dentro del mismo rango de disponibilidad se incremento dos veces el tiempo de pastoreo. La máxima tasa de consumo fue alcanzada a partir de 1800 kg/ha.

En concordancia a lo anterior, Jamieson y Hodgson (1979), reportaron que cuando la masa de forraje disminuye desde 3000 a 1000 kg de materia seca por hectárea, ambos tasa de bocado y tiempo de pastoreo aumenta pero no a suficiente tasas como para prevenir en general la disminución en la ingesta.

Según Rovira (2008), el máximo consumo de forraje de un animal bajo régimen de pastoreo se logra cuando la pastura tiene entre 10 y 15 cm de altura y la disponibilidad no es menor a 2500 kg de MS/ha. En la medida que el volumen de pasto empieza a disminuir, el consumo por día se reduce pero el tiempo de pastoreo tiende a aumentar. Esto es debido a que los bocados son más chicos y el ritmo de pastoreo es más lento porque el animal gasta más tiempo en seleccionar la comida. Cuando la disponibilidad de forraje por hectárea es de 1300 kg de MS/ha, el consumo diario difícilmente supere los 4,5 kg de MS. El tiempo de pastoreo no varía mucho en relación a la disponibilidad, por la sencilla razón de que el animal se cansa de comer (desde el punto de vista muscular) y si el forraje es tan escaso se queda sin llenar sus requerimientos alimentarios y desmejora físicamente.

El consumo de forraje o la performance animal incrementa a medida que aumenta la disponibilidad o la altura de la pastura, asociado a la facilidad con que los animales pueden cosechar el forraje maximizando la tasa de consumo, siendo esta relación afectada por el tipo de pastura donde los animales pastorean (Montossi et al., 1996).

Galli y Cangiano (1998), proponen dividir la curva de respuesta del comportamiento en tres zonas. En el rango superior de fitomasa, la tasa de consumo en el corto plazo y el tiempo de pastoreo no están afectados por la fitomasa. En el rango central, la tasa de consumo declina y el tiempo de

pastoreo aumenta como una forma de compensación en respuesta a la disminución de la fitomasa. En el rango de menor fitomasa, el tiempo de pastoreo no puede compensar una mayor caída de la tasa de consumo y en consecuencia el consumo diario decrece.

Se considera la altura del forraje disponible como la variable de la pastura más directamente asociada al tamaño de bocado y a la tasa de consumo instantáneo. Se han reportado relaciones lineales entre tamaño de bocado y altura de la pastura para un amplio rango de situaciones productivas (Hodgson, Forbes, Demment et al., citados por Chilibroste, 1998). En general a medida que la altura y/o la masa de forraje disponible para los animales disminuyen el peso de cada bocado individual declina y puede ser compensado, dentro de ciertos límites, por un aumento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocado. Las posibilidades de compensación son limitadas (Stakellum y Dillon, citados por Chilibroste, 1998).

Animales tienden a concentrar su actividad de pastoreo dentro del estrato o capa de tapiz que contienen principalmente material de hoja, el aumento en la profundidad de pastoreo con aumento de la altura del tapiz resulta en un aumento en el volumen y peso de forraje ingerido por bocado (Hodgson, 1990).

El estrato inferior (0-5 cm) representa el menos disponible para el animal. Con bajas alturas el animal no tiene posibilidades físicas de cosechar la cantidad de forraje que necesita dentro del tiempo de pastoreo (García, 1995).

Hodgson (1990), indica que el consumo se restringe cuando la altura de la pastura se reduce de 6 cm para ovinos y de 9 cm para vacunos.

Según Rovira (2008), el punto de la altura crítico es muy relativo y de ninguna manera es absoluto, citando alturas por debajo de 8-10 cm como alturas que comienzan a afectar negativamente el consumo.

Allden y Whittaker (1970), observaron que con alturas de 10 cm la tasa de consumo es constante por un alto tamaño de bocado y bajo número de bocados en relación a alturas por debajo de 10 cm en las cuales el tamaño de

bocado es bajo y el número de bocados es alto, determinando que la tasa de consumo sea menor en esta última situación.

En concordancia con lo anterior Minson, citado por Rovira (2008), agrega que en sistemas de pastoreo rotativo intensivo, el máximo consumo se logra cuando el cambio de potrero se produce en el momento que la pastura queda con una altura entre 8 y 10 cm. Cuando los animales son forzados a seguir pastoreando por debajo de 5 cm de altura, el consumo disminuye.

El peso o tamaño de bocado no puede ser predicho solamente a partir de la disponibilidad de forraje. La descripción de la estructura de la pastura resulta imprescindible para comprender y cuantificar la ingestión de forraje por los animales en pastoreo (Chillibroste, 1998).

Hay varios factores que pueden afectar la estructura del tapiz de las praderas. En primer lugar, el tipo de pastura, es decir las especies y la proporción en que se encuentran. Por ejemplo, pasturas con mayor contenido de gramíneas tienden a tener mayor densidad en los estratos inferiores que aquellas donde predominan leguminosas, especialmente trébol blanco. El manejo del pastoreo es otro importante factor de variación: en igualdad de condiciones, las pasturas bajo pastoreo continuo tienden a ser más densas que las de pastoreo rotativo, especialmente en los estratos inferiores. La estación del año también influye en la medida que cambia la arquitectura de las plantas, la relación tallo/hoja, contenidos de materia seca. La edad de la pastura es otro factor importante, en la medida que se asocia con cambios en el balance gramínea/leguminosa, acumulación de restos secos, entre otros. Las condiciones de fertilidad también pueden afectar la densidad global de las pasturas (García, 1995).

La estructura y la composición botánica del canopy del tapiz puede ejercer un efecto directo en la entrada de forraje de los animales en pastoreo, aparte de la influencia de la composición química y contenido de nutrientes del forraje mismo (Hodgson, 1990).

Estructura de la pastura en el lugar donde el animal toma el bocado determina el peso y las dimensiones del mismo. El peso del bocado afecta directamente la tasa de consumo del sitio de alimentación y esta a su vez

modifica las características de la pastura en el sitio del bocado (Galli y Cangiano, 1998).

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

Existe una relación inversa entre el grado de defoliación y la densidad de los diferentes estratos, lo que significa que los estratos inferiores, aunque alcanzan una densidad muy elevada de masa disponible, tienen un menor grado de defoliación que los estratos superiores. Reflejando diferencias en preferencias por parte de los bovinos para las diversas gramíneas, encontrándose las especies de menor palatabilidad precisamente en los estratos bajos. Por otra parte, puede ocurrir también que los estratos inferiores, por la misma estructura de la pradera se encuentren fuera del alcance de los bovinos (Avedaño et al., 1986).

En términos generales según Chilbroste (1998), pasturas más densas permiten mayores tasas de consumo como consecuencia de un mayor peso de bocado.

#### 2.5.2.2 Calidad

La digestibilidad del forraje es un buen estimador de su valor nutritivo (concentración de nutrientes), e influye directamente sobre el consumo de forraje (Cangiano, 1997).

La digestibilidad de una pastura no es un valor para nada estable. A medida que las plantas van madurando, la proporción de tallos aumenta y como ellos tienen menor digestibilidad que las hojas, la digestibilidad total de la planta disminuye. Los tallos tienen menor digestibilidad porque contienen proporciones mayores de los componentes estructurales de la planta, tales como celulosa y hemicelulosa que poseen baja digestibilidad, y lignina que es indigestible. Por lo tanto, la pastura a medida que sigue su desarrollo va perdiendo calidad al bajar la digestibilidad y por ende baja el consumo animal (Rovira, 2008).

A esto, Terry y Tilley (1964), agregan que a lo largo del año se producen una serie de cambios en la estructura y composición de la pastura relacionados con el estado fisiológico de la planta, o sea de su madurez. Estos cambios estacionales se relacionan, en general con la digestibilidad. Cambios en la relación hoja/tallo, de acuerdo con el desarrollo fisiológico de la planta y mientras la digestibilidad del tallo decrece rápidamente con la madurez, la de las hojas permanece razonablemente constante. Al mismo tiempo se producen cambios en la composición química.

Diferentes especies de plantas pueden diferir en la tasa de digestión a similares niveles de digestibilidad. Por ejemplo, las leguminosas tienen una baja proporción de células de pared (estructurales) en comparación a las gramíneas a cualquier nivel de digestibilidad, por tanto la tasa de digestión y la cantidad comida es usualmente más alta en leguminosas que en gramíneas. También, dietas consistentes en tallos de plantas son comidas en pequeña cantidad que dietas de hojas a similares digestibilidades, porque la estructura de los tallos producen que su digestión sea más lenta (Hodgson, 1990).

Hodgson et al., citados por Jamieson y Hodgson (1979) establecieron que, en condiciones donde la cantidad de forraje (por unidad de área o por animal) no es limitante, el forraje ingerido por pastoreo es relacionado primariamente con la digestibilidad del forraje consumido.

Los forrajes fibrosos, groseros y por lo tanto de baja digestibilidad, hacen disminuir el consumo al permanecer mucho tiempo dentro del rumen. Esta es la razón por la cual a mayor calidad de forraje, mayor digestibilidad y mayor consumo (Rovira, 2008).

En esta situación, para cubrir los requerimientos de un determinado animal, se requieren más kilos de materia seca si el alimento es de baja calidad, no solo por su menor concentración energética sino también por la menor eficiencia de utilización de la energía metabolizable (Galli y Cangiano, 1998).

Por ejemplo, Cangiano (1997), trabajando sobre un amplio rango de dietas ha podido constatar un aumento en el consumo a medida que la digestibilidad se incrementa hasta valores de 82%. Pero esta relación es variable y no es de utilidad para comparar distintas especies y/o variedades.

En animales de carne alimentados en condiciones de pastoreo, se produce un constante y significativo aumento de la ingestión al aumentar la digestibilidad del forraje (Muslera y Ratera, 1984).

A esto, Hodgson (1990), afirma que con mejor valor nutritivo del forraje es probable el aumento en el desempeño animal.

### 2.5.2.3 Selectividad

Los dos componentes principales de la respuesta animal, son el consumo de materia seca y la digestibilidad del forraje consumido. Esta cantidad y calidad de la dieta cosechada por los animales, es la resultante de un comportamiento ingestivo selectivo por parte del animal. Esto quiere decir que los animales buscan y seleccionan el alimento de mayor valor nutritivo (De León, 2007).

En la definición del mecanismo de selección animal, varios autores han definido este proceso a dos niveles: (i) sitio de pastoreo y (ii) localización del bocado durante el pastoreo (Hodgson, Milne, Gordon y Lescano, citados por Montossi et al., 1996).

El sitio de selección se refiere a la selección a nivel horizontal a mayor escala (pequeñas comunidades vegetales dentro de un potrero), mientras que la selección a nivel de bocado se asocia a la selección individual del bocado en los planos horizontales o verticales a nivel de cada pequeña comunidad (por ejemplo: parches de pastoreo) (Montossi et al., 1996).

Grueso, espinoso y vellosas plantas o partes de plantas tienden a ser evitadas o eludidas (Hodgson, 1990).

Valores de digestibilidad del forraje consumido de la pastura son positivamente correlacionados con el grado de selectividad de pastoreo (Blaser et al., 1960).

Vacas seleccionan su dieta que puede llegar a ser aproximadamente 10% mayor en materia seca digestible que in vitro y 30% mayor en proteína

cruda que el forraje que se le ofrece. El contenido de fibra detergente neutro en el forraje seleccionado es menor que el que se le ofrece (Dalley, 1999).

El tipo de pastura tiene influencia en la selección de nutrientes. El efecto del tipo de pastura puede ser debido a la composición botánica, o debido a características nutritivas del forraje ofrecido (Dalley, 1999).

Blaser et al. (1960), observaron pastoreo selectivo en pasturas de gramíneas y mezcla de gramínea/trébol. Novillos tienden a seleccionar trébol desde la mezcla, así como partes de la planta con alto y/o bajo contenido de ciertos constituyentes.

En otras palabras, animales pastoreando pasturas mezcla frecuentemente tienden a pastorear algunas especies de plantas y evitar otras (Hodgson, 1990).

Arnold (1981), afirma que animales prefieren hojas que tallos, material verde (o jóvenes) que seco (o viejo).

Cuando la cantidad de hojas es baja los animales prefieren restringir su consumo como oposición a aumentar la cantidad de tallo en la dieta. Hojas son consumidas en mayores cantidades que tallos a la misma digestibilidad porque estos son retenidos por un corto periodo de tiempo en el rumen (Minson, 1983).

Como consecuencia, la tasa de consumo decrece con el tiempo a medida que el forraje se va agotando. Este patrón de disminución en la tasa de consumo, junto con características de mayor escala de las pasturas, tales como la abundancia y distancia entre sitios, define el patrón de selección y utilización de cada sitio, determinando el consumo a nivel de la pastura (Galli y Cangiano, 1998).

Cuando existe un exceso de forraje con respecto a la demanda del animal y hay heterogeneidad, ya sea en atributos estructurales o de valor nutritivo, los animales tienen oportunidad de seleccionar, cosechando algunas partes de la planta y rechazando otras (Cangiano, 1997).

La oportunidad para seleccionar es influenciada por la relativa proporción de diferentes especies de plantas y diferentes componentes morfológicos, y su relativa distribución en el tapiz (Hodgson, 1990).

Cuando las partes preferidas por los animales comienzan a declinar (por ejemplo: hojas o macollos vegetativos) su selección puede afectar la tasa de consumo y el consumo diario (Cangiano, 1997).

Si el forraje presente, está compuesto de hojas de relativa alta calidad y tallos de menor valor nutritivo, al aumentar la presión de pastoreo, cualquiera sea el método de utilización, puede lograrse una mayor eficiencia de cosecha, pero la misma se logrará obligando a los animales a consumir una dieta con mayor porcentaje de tallos, por lo cual la producción se resentirá (Escuder, 1997b).

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

Cubillos y Mott (1969), plantean la situación de un sistema de pastoreo rotativo en el que se observa un alto consumo de forraje al entrar en la nueva pradera, ya que el forraje es altamente seleccionado, pero la selección disminuye a medida que el tiempo transcurre y los animales permanecen en la misma pradera. Al final de este período los animales se ven forzados a consumir forraje maduro y menos digestible.

#### 2.5.2.4 Pisoteo y deyecciones

El animal en pastoreo produce con sus pezuñas daños a las plantas, sumado a los perjuicios que ocasionan el desigual reparto de las heces en la pradera y el rechazo de los animales hacia el forraje producido en esas zonas (Muslera y Ratera, 1984).

La actividad de pastoreo puede resultar en un daño directo en el tapiz. Ese rango de daño físico del suelo y tapiz es como resultado de la presión de las pezuñas, particularmente en condiciones húmedas, mediante un efecto de asfixia por deyecciones que pueden resultar por una alta concentraciones de



orina, por el arrancado de macollos o parches del tapiz como resultado de la acción de recolección de pasto. Todos esos factores influyen en la producción de forraje y utilización (Hodgson, 1990).

A esto Muslera y Ratera (1984), agregan que el pisoteo puede provocar la destrucción de puntos de crecimientos y por lo tanto el rebrote es perjudicado y retrasado, por lo cual disminuye la producción a corto y a largo plazo.

En el largo plazo, puede ocurrir un deterioro en la composición botánica. El daño es mayor con forraje de menor altura, condiciones húmedas y especies menos macolladoras (Langer, 1981).

Los daños por pisoteo son mayores cuando el terreno está húmedo que cuando está seco, y si los animales que pastorean son nerviosos e inquietos (Muslera y Ratera, 1984).

El pisoteo ocasiona cambios estructurales en las capas superficiales del suelo, modificando la densidad, porosidad y friabilidad del terreno. Como es ahí donde se desarrolla la mayor parte de la actividad nutricional de la planta, estos cambios perjudican su desarrollo. Un deterioro de la estructura del suelo supone una aireación menor, más dificultades para el crecimiento de las raíces, menor capacidad de retención de agua y mayor dificultad para el desarrollo de una fauna beneficiosa. Debido a la formación de horizontes arcillosos la infiltración se reduce, produciéndose charcos en algunos casos, con los consecuentes perjuicios que ocasiona a las plantas la asfixia, aunque ésta sea temporal. Estos efectos perjudiciales se producen con mayor intensidad en ciertas épocas del año, pero se contrarrestan naturalmente por efecto de la alternancia de períodos de humedad y sequía, efecto de las heladas en invierno, acción de los animales del suelo, entre otros (Muslera y Ratera, 1984).

Las praderas permanentes o praderas naturales que llevan varios años en el terreno y han desarrollado un sistema radicular denso y un suelo compactado, toleran mejor el pastoreo que las praderas de corta duración que no han llegado a formar esta estructura en la capa superior de suelo (Muslera y Ratera, 1984).

Como consecuencia de la diferente tolerancia al pisoteo de las especies que componen una pradera se producen cambios en la composición botánica de la misma, esta tolerancia o resistencia al pastoreo es consecuencia de la diferente estructura y hábito de crecimiento de las plantas (Muslera y Ratera, 1984).

Las gramíneas forrajeras están estructuralmente adaptadas a la defoliación y al pisoteo. Tienen un buen sistema radicular de anclaje, los tallos y macollos foliares emergen a partir de yemas localizadas casi a nivel del piso, y las hojas pueden continuar creciendo aún después que sus puntas han sido defoliadas (Langer, 1981).

La producción en especies resistentes disminuye solamente 5% y en especies susceptibles se reduce hasta 50%, siendo el efecto mayor bajo condiciones húmedas. Usando un pisoteo equivalente a tasas normales de pastoreo, se encontraron reducciones de 0-10% bajo amplio rango de condiciones, concluyendo que el daño producido por pisoteo no tiene efecto principal en la producción, excepto en condiciones húmedas. Composición botánica es afectada por pisoteo en pasturas también como calidad y palatabilidad (Snaydon, 1981).

Deyecciones también pueden tener un largo efecto local sobre la producción, calidad, palatabilidad y composición botánica de la pastura, el forraje afectado es usualmente rechazado por alrededor de dos meses. Sin embargo, el efecto en la totalidad de la pastura es mucho menor, porque solamente una pequeña área es afectada (Snaydon, 1981).

El efecto de la orina y heces se produce en parches donde la composición botánica es afectada predominando pastos altos en estas zonas, provocándose una reducción en la proporción de trébol y pastos cortos intolerantes al sombreado (Snaydon, 1981).

### 2.5.3 Efecto de la dotación animal sobre la producción animal

Consumo de forraje por unidad de área es el producto entre el consumo por animal y el número de animales por unidad de área (Hodgson, 1990).

Rovira (2008), define a la dotación como la cantidad promedio de animales por unidad de superficie, generalmente en un período largo de tiempo.

Hay una correlación negativa entre la dotación y la ganancia por individuo y se debe a que al disminuir la dotación en una pradera aumentan las posibilidades de selección de un forraje de mayor valor nutritivo que es consumido primero (Cubillos y Mott, 1969).

Los resultados obtenidos muestran que a medida que aumenta la dotación en una pradera se produce una disminución de la ganancia diaria por animal. Este efecto se debe al aumento en la presión de pastoreo que a su vez ejerce su acción sobre la calidad del forraje consumido, y disminuye el grado de selectividad dentro de la pradera (Cubillos y Mott, 1969).

Dalley (1999), en vacas lecheras, observo que cuando la asignación de forraje aumentaba (disminución de la dotación) desde 20 a 70 kg/vaca.día, el consumo aumentaba curvilíneamente desde 11.2 a 18.5 kg MS/vaca, como consecuencia de esto la utilización de forraje disminuyo desde 54% a 26%. También se observo que el consumo comenzó un plateau en 50 kg MS/vaca.día.

Según Jamieson y Hodgson (1979), reducción diaria de asignación de forraje de 90 a 30 g MS por kg PV disminuye el consumo diario de forraje en aproximadamente 18% en promedio.

Limitantes metabólicas son probablemente las que tienen importancia con bajas dotaciones. La reducción de la actividad de pastoreo a altas dotaciones puede ser debida en parte a la dificultad de prensión particularmente del forraje corto (Jamieson y Hodgson, 1979).

La producción por pastoreo animal, en ausencia de nutricional o patológicos disturbios, dependen de muchos factores que influncian la

cantidad y calidad de la ingesta de forraje, y el manejo del pastoreo significa alcanzar un compromiso entre la producción por animal y producción por hectárea. Baja presión de pastoreo con alta selectividad del forraje resulta en alta producción por animal, pero baja producción por hectárea. A la inversa, una alta presión de pastoreo es asociada con baja producción por animal, pero la producción por hectárea se incrementa (Blaser et al., 1960).

Como regla general se puede aseverar que una vez que la disponibilidad es dos veces menor al máximo consumo posible se empieza a producir un brusco descenso en la cantidad de forraje consumido. Este fenómeno va asociado a una reducción en el tiempo dedicado a pastorear, en la velocidad en que se suceden los bocados y en el tamaño de cada bocado (Minson, citado por Rovira, 2008).

En otras palabras, Hodgson (1990), agrega que bajo pastoreo rotacional, consumo de forraje solamente alcanza un máximo cuando la asignación diaria de forraje es igual al doble de la cantidad consumida. La eficiencia de utilización de forraje cae progresivamente con disminuciones de la dotación animal, por lo que es inversa la relación entre consumo de forraje por animal y eficiencia de utilización.

La respuesta de los animales frente a una pastura con menor oferta de materia seca (con altas dotaciones) y, fundamentalmente, frente a un menor contenido de hojas, es aumentar el tiempo de pastoreo y la tasa de bocados realizados al cabo del día, pero disminuyendo el peso de los mismos y el consumo, por lo cual, la producción por animal también es menor (Escuder, 1997b).

Mott (1960), plantea la situación de que insuficiente pastoreo resulta en una acumulación de forraje que no es utilizada y situaciones de sobrepastoreo resulta en un bajo plano nutricional para el ganado y frecuentemente daña el tapiz.

Según Montossi et al. (1996), en la búsqueda de mayor productividad animal por unidad de superficie y mayor aprovechamiento del pasto producido, en la mayoría de las situaciones, el manejo animal se realiza en condiciones de escasez de forraje, por lo tanto la descripción, comprensión y cuantificación de

los factores de tipo no-nutricionales que afectan el consumo adquieren primordial importancia.

El sobrepastoreo ocasiona en el animal una insuficiente alimentación como resultado de ofrecer una cantidad de forraje escasa. La pradera también se perjudica al estar el animal forzado a comer las plantas con menos altura, reduciendo sus reservas y destruyendo brotes, lo cual disminuye su producción y capacidad de recuperación (Muslera y Ratera, 1984).

La máxima producción por hectárea se obtiene cuando las praderas reciben una dotación que es la óptima para dichas condiciones. La estacionalidad de la producción de una pradera causa una disminución en la producción de forraje por hectárea a medida que se progresa en la estación de crecimiento, además el forraje disminuye su valor alimenticio por madurez (Cubillos y Mott, 1969).

En la búsqueda de la dotación óptima hay que tener en cuenta que la producción por animal disminuye con el aumento de la dotación, pero como hay mayor cantidad de animales la producción total es mayor. Sin embargo, cuando las condiciones son tales que la selectividad es severamente limitada y el consumo por individuo es restringido y la producción por hectárea disminuye (Cubillos y Mott, 1969).

En resumen, el incremento de la dotación animal aumenta, en un principio, la producción por hectárea al aumentar la eficiencia de cosecha del forraje, pero esa ventaja es compensada mediante la reducción en la ganancia por animal (Escuder, 1997b).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

##### 3.1.1 Ubicación experimental

El trabajo se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) ubicada sobre la ruta nacional No. 3, km 363. La tarea de campo fue realizada en el potrero número 35 sobre la latitud 32°22'30.93" S y longitud 58°3'47.08"O. El mismo se realizó durante el periodo Invierno-Primavera, comprendido entre el 11/6/2012 al 15/11/2012.

##### 3.1.2 Descripción del sitio experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (escala 1:1.000.000) (Altamirano et al., 1976), el área experimental se encuentra sobre la Unidad San Manuel, perteneciente a la formación geológica Fray Bentos. Como suelos dominantes presenta Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcilloso (limosa). Como suelos asociados se encuentran Brunosoles Éútricos Lúvicos, de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

##### 3.1.3 Antecedentes del área experimental

La pastura en la que se trabajó fue sembrada el 30 de mayo del 2010 fertilizada a la siembra con 150 kg/ha de 7-40-0, sobre un rastrojo de soja con un tiempo de barbecho de 40 días post aplicación de 5 l/ha de glifosato (480 g IA).

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

El método de siembra para la gramínea fue en línea y las leguminosas fueron sembradas al voleo.

En lo que refiere al manejo de la pastura en el año de estudio, la misma fue refertilizada con 100 kg de 7-40-0 el 3 de mayo, luego se realizaron dos fertilizaciones más, que consistieron en 70 kg/ha de urea cada una, la primera se realizó el día 5 de julio y la segunda y última el 10 de setiembre.

### 3.2 TRATAMIENTOS

Los tratamientos consisten en 3 dotaciones de 0,87, 1,52 y 2,17 animales/ha, utilizándose 3 bloques al azar, donde se pastoreaban con novillos Holando, 4, 7 y 10 por tratamiento durante el ciclo de crecimiento. Se alcanzaron ofertas de forraje para todo el periodo experimental de 5,1%, 7,7% y 12,8% para los tratamientos de 0,87, 1,52 y 2,17 animales/ha respectivamente.



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

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con 3 repeticiones.

El área experimental comprendió un total de 13,8 has, las cuales se dividen en 3 bloques cuyas medidas son: 8,2 has (Bloque 1), 2,6 has (Bloque 2) y 3,0 has (Bloque 3).

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

### 3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se cuantifico la producción de forraje, composición botánica, porcentaje de malezas y suelo descubierto, población de macollos por metro cuadrado, relación parte aérea/raíz para los 3 componentes de la pastura y la evolución de peso de los animales, determinándose de esta manera la ganancia total que tuvieron en el periodo y la ganancia diaria de los mismos, en función de los distintos tratamientos.

#### 3.4.1 Variables determinadas

##### 3.4.1.1 Disponibilidad y remanente de materia seca

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

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

Para obtener los mismos se realizó la técnica de doble muestreo relacionando forraje disponible con altura de la pastura. Para ello se realizaron 21 cortes previos o posterior según correspondiera, registrando 3 alturas en diagonal de un rectángulo de 0,2 x 0,5 m y procediendo luego al corte del mismo. Posteriormente se determinó la materia seca de cada uno mediante secado en estufa a 60°C, durante 48 hs en el laboratorio. Con estas



determinaciones junto con la altura del forraje disponible o remanente se procedió a ajustar una función de regresión entre la altura en centímetros y los kg de MS/ha. La altura promedio utilizada para esta relación de biomasa aérea y altura en la determinación del forraje disponible o remanente se describe en el siguiente ítem.

#### 3.4.1.2 Altura del forraje disponible y del remanente

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

La determinación de ésta, tanto para forraje disponible como remanente, se llevó a cabo tomando 30 medidas de altura, en centímetros, en cada parcela.

#### 3.4.1.3 Forraje desaparecido

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

#### 3.4.1.5 Porcentaje de desaparecido

Es la cantidad de materia seca desaparecida en relación a la que había disponible. Se calculó como la relación entre materia seca desaparecida y el forraje disponible antes del pastoreo.

#### 3.4.1.4 Forraje producido

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

#### 3.4.1.6 Tasa de crecimiento

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

#### 3.4.1.7 Composición botánica del disponible y del remanente

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

Para la determinación de la composición botánica se usó el método Botanal (Tothill et al., 1978). En esta determinación se utilizaron rectángulos de 0,2 x 0,5 m (los mismos que fueron usados para determinar la cantidad de materia seca disponible y remanente), en primer lugar se determinó el porcentaje de suelo desnudo y luego se estableció por separado el aporte porcentual en biomasa de cada especie componente de la mezcla, el de malezas y el de restos secos.

#### 3.4.1.8 Relación parte aérea/raíz

Se determinó la relación parte aérea/raíz de los componentes de la pastura, como también el número de plantas y macollos por metro cuadrado para el caso de la gramínea. Se realizó en los 3 bloques, se tomó 6 muestras de suelo por parcela de 0.008 m<sup>3</sup> (0,2 x 0,2 x 0,2 m) cada una, dejándola reposar en agua durante 48 h aproximadamente para que las plantas se desprendan de los agregados del suelo.

Luego de obtener las plantas de las diferentes muestras de suelo, se discriminaron en gramíneas y leguminosas. Las mismas fueron colocadas en estufa a 60°C, durante 48 horas para luego ser pesadas obteniendo su peso seco.

Esta separación permitió obtener el número de macollos promedio para el componente gramínea mediante el conteo de los mismos por planta, el peso

por separado de la parte aérea y de la raíz de las gramíneas y de las leguminosas de la mezcla.

#### 3.4.1.9 Peso de los animales

Se determinó en 4 oportunidades mediante el uso de balanza electrónica por la mañana con los animales en ayuno. La primera determinando el peso inicial el día 12/06, la segunda el día 31/08, la tercera el 01/10 y la última el 15/11.

#### 3.4.1.10 Ganancia de peso diario

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

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

#### 3.4.1.11 Oferta de forraje

La oferta de forraje se calculó como el forraje ofrecido a los animales en kilos de materia seca cada 100 kilos de peso vivo.

#### 3.4.1.12 Producción de peso vivo por hectárea

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

## 3.5 HIPÓTESIS

### 3.5.1 Hipótesis biológica

Existe efecto de la dotación animal sobre la producción de forraje, en la utilización, composición botánica de la pastura, en el desempeño animal, y en la población de macollos de *Festuca arundinacea*, como en la relación parte aérea/raíz de los 3 componentes de la pastura.

### 3.5.2 Hipótesis estadística

Ho:  $t_1 = t_2 = t_3 = 0$

Ha: al menos un tratamiento es distinto de cero.

## 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis de varianza entre tratamientos, en el caso de existir diferencias entre tratamientos se estudió las mismas mediante análisis de media a través de LSD Fisher con una probabilidad de 15%.

### 3.6.1 Modelo estadístico

$$\blacktriangleright Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

Y = corresponde a la variable de interés.

$\mu$  = es la media general.

$t_i$  = es el efecto de la i-ésima tratamiento.

$\beta_j$  = es el efecto del j-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = es el error experimental.

$i = 1, 2, 3.$   $j = 1, 2, 3.$

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

El período experimental fue desde junio 2012 hasta noviembre de ese mismo año. También es importante considerar los meses anteriores al comienzo del experimento ya que pueden afectar la producción de la pastura en los meses posteriores.

Se presentan los registros de precipitaciones y temperaturas medias del año en el cual se llevo a cabo el experimento y de la serie histórica entre 1980 y 2009 para el departamento de Paysandú.

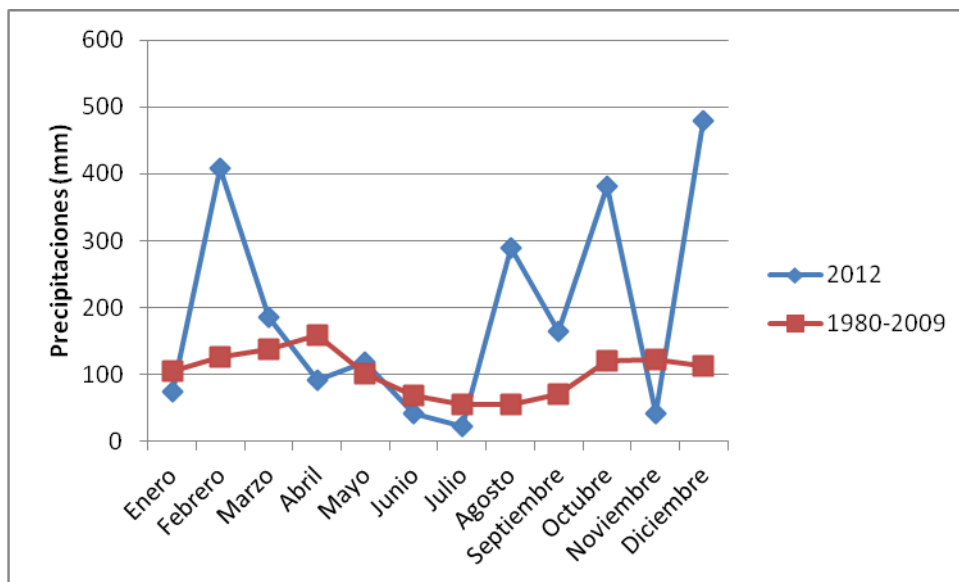


Figura No. 2. Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico.

Como se observa en la Figura 2 existen diferencias entre los promedios mensuales de la serie histórica con los datos del período experimental.

Las precipitaciones medias del año 2012 fueron 1061 mm superior a los registros de la serie histórica. En relación al mes de enero fueron levemente menores, en los meses de febrero y marzo se registraron precipitaciones superiores, en febrero se llevo a un registro 3 veces superior al histórico. Desde

abril hasta julio estuvieron por debajo excepto en el mes de mayo que se llegó a un registro similar. Desde el mes de agosto hasta diciembre hubo una diferencia muy superior a la histórica excluyendo el mes de noviembre registrándose la mitad aproximadamente del promedio de la serie histórica. En lo que corresponde al periodo del experimento (junio a noviembre) las precipitaciones del 2012 superaron en 445 mm al promedio histórico.

En la siguiente figura se puede observar los registros de temperatura máxima, mínima y promedio para el año 2012 junto a la temperatura promedio de la serie histórica para el departamento de Paysandú.

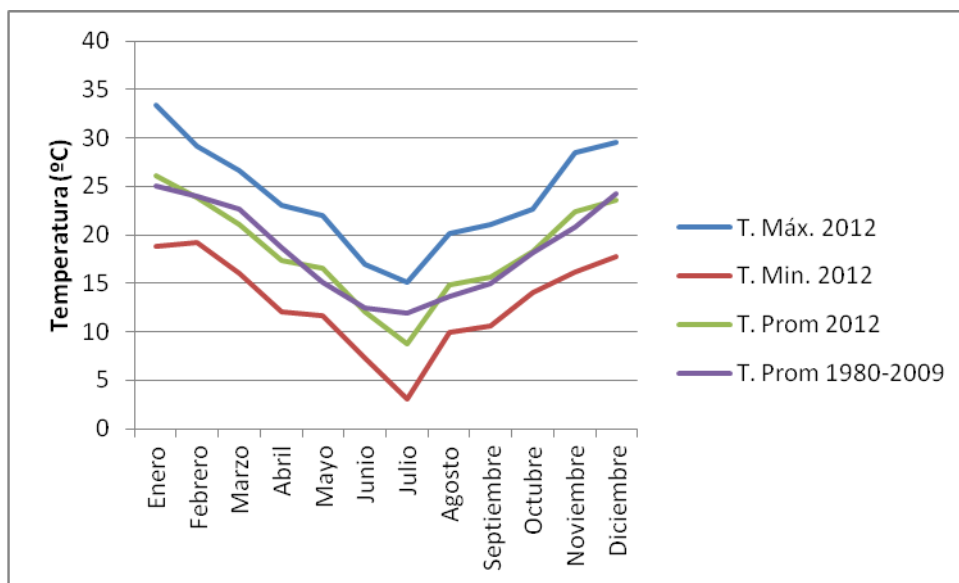


Figura No. 3. Registro de temperaturas medias durante el ensayo comparadas con la media histórica.

Como se puede observar en la figura anterior, la temperatura media para el año 2012 es similar a la de la serie histórica, excepto en el mes de julio con un registro de 3,1°C inferior.

Según Carámbula (2010a) las especies de metabolismo C<sub>3</sub> como *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* presentan un buen desarrollo con temperaturas entre 15°C y 20°C. A partir de esto se puede decir que el desarrollo fue afectado en los meses de junio y julio por temperaturas menores al límite inferior.

## 4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

### 4.2.1 Forraje disponible

A continuación se presentan los datos de cantidad y altura del forraje disponible por estación y promedio para el periodo experimental de cada tratamiento, junto a la evolución del disponible a través de los sucesivos pastoreos.

#### 4.2.1.1 Cantidad de forraje disponible

En el siguiente grafico se presenta el forraje disponible promedio durante el periodo experimental, y durante las estaciones de invierno y de primavera. Se considero la estación de invierno desde el día 11/06 hasta el día 12/09, y la estación de primavera desde el día 13/09 al 15/11.

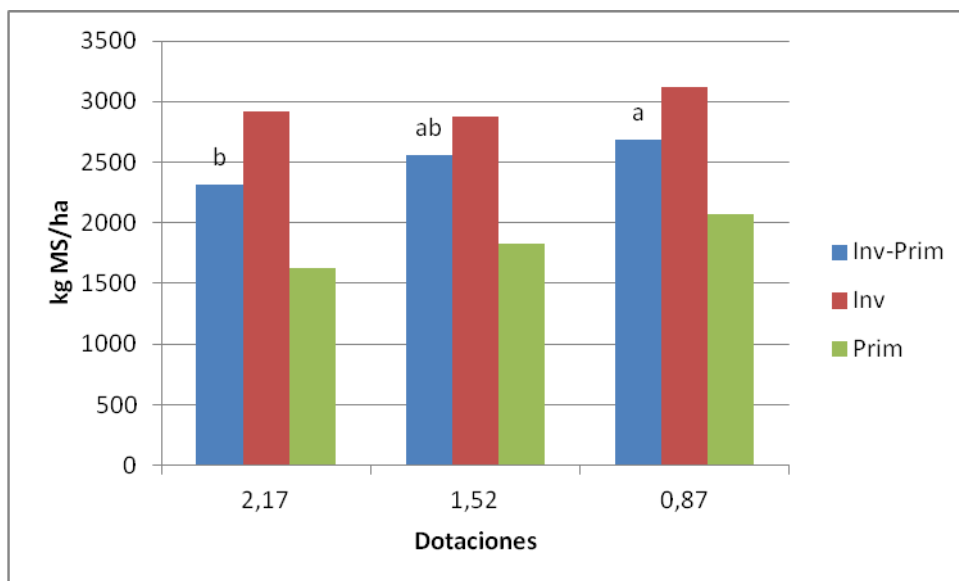


Figura No. 4. Disponibilidad de forraje (kg de MS/ha) por tratamiento, por estación y promedio del periodo experimental (ver Anexo 1).

Se establecieron diferencias solamente en los tratamientos extremos, siendo mayor el forraje disponible en el tratamiento de menor dotación. El periodo invernal presentó mayor disponible por la acumulación de forraje previo al inicio del experimento, donde las parcelas permanecieron el mes de mayo sin

pastorear. Además es importante aclarar que el experimento finalizó el día 15 de noviembre, por lo tanto en la estación de primavera faltó contabilizar producción de forraje.

Las diferencias observadas entre los tratamientos extremos para todo el periodo experimental son esperables, porque según Smethan (1981), una baja dotación en comparación a una alta determina que más meristemas escapen de la defoliación junto a una mayor área fotosintética y mayor acumulación de reservas para que se produzca el rebrote de manera más rápida fundamentalmente durante el invierno, obteniéndose resultados de disponibilidad de forraje mayor en el siguiente pastoreo. Sin embargo en el cuadro número 5 de ítem 4.2.5.1, Tasa de crecimiento, se visualiza que este no fue el principal factor debido a los resultados obtenidos en dicha sección. También es importante mencionar que en la estación de primavera aumenta la acumulación de forraje por una mayor eficiencia de utilización de la luz, junto a una redirección de metabolitos a la parte aérea, por el pasaje a estado reproductivo (Casal et al., 1987). El tratamiento de menor dotación fue el que registro mayor pasaje de plantas de Festuca a estado reproductivo lo que genero mayor forraje disponible en esta estación.

#### 4.2.1.2 Evolución del forraje disponible

La siguiente figura presenta la evolución de la disponibilidad de forraje previo al ingreso de los animales para cada uno de los pastoreos realizados durante el periodo experimental.



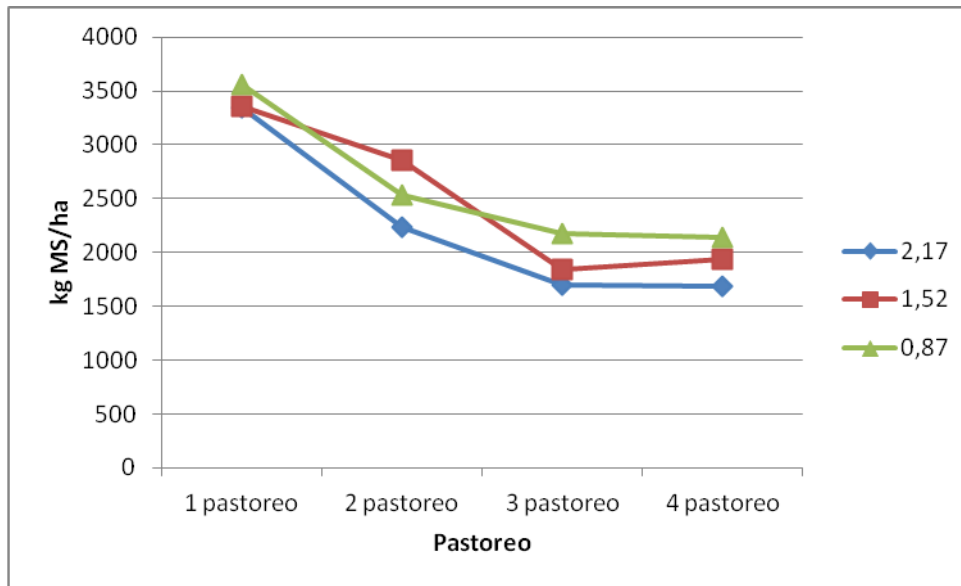


Figura No. 5. Evolución de la disponibilidad (kg de MS/ha) de forraje previo a los pastoreos durante el periodo experimental.

Se puede observar la misma tendencia para los 3 tratamientos, registrándose una caída de la disponibilidad de forraje desde el invierno independientemente del tratamiento hasta el tercer y cuarto pastoreo (comienzo de la primavera), donde se equilibra la cantidad de forraje desaparecido con la producción de forraje.

En el pastoreo número 3 la tasa de crecimiento toma valores similares a lo desaparecido para los 3 tratamientos, lo que provoca que no disminuya el disponible como ocurre en la estación de invierno (pastoreo 1 y 2), donde la cantidad de forraje desaparecido en todos los tratamientos es superior a la tasa que crece la pastura.

Carámbula (2010a), cita disponibilidades de 1500 kg/ha a 2000 kg/ha como las que permiten obtener las mayores producciones de forraje invernal y anual, además de mejorar la persistencia productiva de las especies componentes de la mezcla. Es relevante puntualizar que incluso en el tratamiento de mayor dotación hubo una disponibilidad de forraje superior a los 1500 kg MS/ha en cada pastoreo, por lo que se estarían capitalizando las ventajas mencionadas anteriormente por Carámbula (2010a). Esta disponibilidad no comprometería la pastura, permitiéndole al tratamiento de

mayor dotación lograr una alta utilización del forraje, sin perjudicar su posterior producción.

#### 4.2.1.3 Altura del forraje disponible

En el próximo cuadro se puede observar las alturas obtenidas para la variable forraje disponible, la misma se expresa como promedio de cada estación y como promedio de todo el periodo en relación a los distintos tratamientos. También se puede observar el máximo, mínimo y desvío estándar de los datos de todo el periodo de estudio en función de las distintas dotaciones evaluadas.

Cuadro No. 1. Altura promedio, máximo, mínimo y desvío estándar del disponible en centímetros en función de la dotación (animales/ha).

Dotación (animales/ha)	Altura Disponible Inv-Prim (cm)	Altura Disponible Invierno (cm)	Altura Disponible Primavera (cm)	Máx (cm)	Min (cm)	Desvío estándar (cm)
2,17	13,1 a	11,9 a	15,4 a	21,4	5,9	3,9
1,52	16,1 a	13,6 a	20,4 a	37,4	10,2	7,6
0,87	15,8 a	12,8 a	19,6 a	23,4	8,9	4,8

Medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (ver Anexo 2).

No se detectaron diferencias en la altura promedio de los disponibles para los diferentes tratamientos. Si hay diferencias cuando comparamos los valores de altura disponible de cada tratamiento entre la estación de primavera y la de invierno, siendo mayores las alturas de primavera para todos los tratamientos porque en esta estación se produce el cambio de fase vegetativa a reproductiva del componente gramínea que es el que predomina en la pastura en estudio.

Cuando analizamos los máximos, mínimos y el desvío estándar de las alturas para todo el periodo de estudio se puede decir que las alturas mínimas corresponden a los relevamientos de la estación de invierno y que las máximas corresponden a las alturas registradas en primavera, explicado esto último por el pasaje a estado reproductivo del componente gramínea en esta estación que determina un aumento de la altura de las plantas. En relación al máximo,

mínimo y desvió estándar entre las alturas, se observó un mayor valor en el tratamiento de dotación intermedia, lo esperable es un mayor máximo, mínimo y desvió en el tratamiento de menor dotación debido al comportamiento animal en pastoreo que selecciona su alimento de cada parche de pastoreo, lo que generaría a bajas dotaciones una mayor heterogeneidad de la pastura (Hodgson, 1990). Además en el tratamiento de menor dotación al haber menor cantidad de animales por hectárea hay un menor consumo de forraje por unidad de superficie lo que genera una pastura con mayor altura (Hodgson, 1990).

Carámbula (2010a), proponen alturas de 10-15 cm para *Festuca arundinacea*, intentando con este manejo que no se formen maciegas. En relación a esto se puede decir que las alturas del periodo invernal se encuentran en este rango, pero no así las de la estación de primavera. La cantidad de animales fue insuficiente en este momento para lograr un pastoreo que evite la encañazón de esta gramínea lo que conduce a un aumento de la altura de la pastura por su pasaje al estado reproductivo.

Por otra parte Zanoniani et al. (2006), propone para pasturas de este tipo alturas apropiadas de ingreso de 15-20 cm, estos valores fueron alcanzados solo en la estación de primavera, siendo las alturas de invierno levemente inferiores a esta recomendación.

Los datos de todo el periodo experimental concuerdan con los obtenidos por Almada et al. (2007), Agustoni et al. (2008), sobre praderas de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus coniculatus*. Con dotaciones similares a las de este trabajo obtuvieron en promedio para todo el periodo experimental (invierno y primavera) alturas de disponible de 13 cm en promedio.

En la siguiente figura se muestra la relación existente entre la altura del forraje disponible y los kg de MS/ha para todo el periodo experimental.

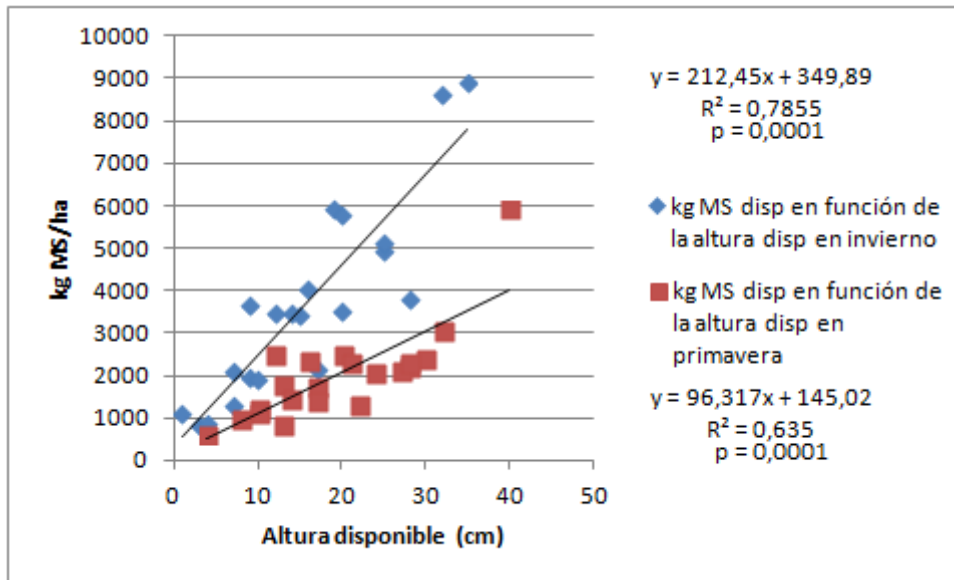


Figura No. 6. kg de materia seca disponible en función de la altura disponible en centímetros (ver Anexo 3).

En esta figura se puede observar la correlación entre la altura de forraje disponible y los kg de MS disponibles en las dos estaciones del periodo experimental, obteniéndose una ecuación distinta entre estos dos momentos de la evaluación. Para el periodo invernal cada centímetro de aumento de la altura determina una mayor cantidad de forraje en comparación al periodo primaveral. Es importante aclarar que la alta acumulación de forraje al iniciar la estación de invierno puede estar explicando los altos valores de materia seca obtenidos con el aumento de la altura al compararlo con la estación de primavera.

Estos valores de mayor cantidad de forraje por centímetro en la estación de invierno coinciden con lo expuesto por García (2005), para pasturas de Festuca con leguminosas de tercer y cuarto año. Este autor reporta diferencias en la estructura del tapiz en las diferentes estaciones del año, llegando a setiembre la densidad disminuye en el estrato inferior tendiendo a aumentar en el estrato superior. Esto es esperable debido a que antes de setiembre las especies están todavía con arquitecturas de estado vegetativo, en cambio cuando se avanza en el tiempo desde setiembre las especies están en estado reproductivo, para el caso de Festuca se la observa con macollos más erectos (García, 2005).

#### 4.2.2 Forraje remanente

A continuación se presentan los valores de forraje remanente, altura remanente luego del pastoreo para cada tratamiento, junto a su evolución.

##### 4.2.2.1 Cantidad de forraje remanente

En la siguiente figura se puede apreciar los kg de MS/ha remanente de los distintos tratamientos para la estación de invierno, primavera y para todo el periodo de estudio.

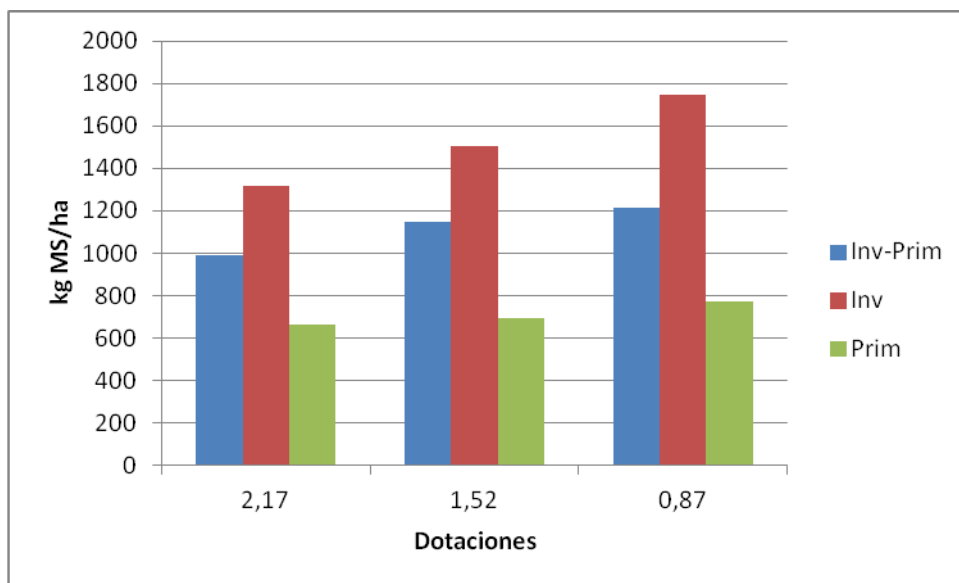


Figura No. 7. Remanente de forraje (kg de MS/ha) por tratamiento, por estación y promedio del periodo experimental (ver Anexo 4).

Es preciso aclarar que el alto valor de forraje remanente invernal está influenciado por un alto disponible al inicio del trabajo experimental debido a la ausencia de pastoreo en el mes de mayo. En relación a los tratamientos no tuvieron diferencias significativa entre ellos en invierno, primavera y en el total del periodo experimental.

Al comparar las ofertas de forraje de este trabajo (5,1%; 7,7%; 12,8%) con los resultados obtenidos con Agustoni et al. (2008), se puede apreciar, con ofertas similares a nuestro trabajo que los resultados obtenidos son levemente

superiores, y se encuentran muy por debajo a los reportados por Almada et al. (2007), los que llegan a sobrepasar los 2500 kg MS/ha con ofertas de 9,5%. Ambos trabajos mencionados se realizaron sobre una pastura de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*.

Arenares et al. (2011), en una pastura con los mismos componentes a la de este estudio, con ofertas de forraje de 6,1% obtuvieron un valor de 660 kg de MS/ha, valor que es menor en 331 kg de MS/ha que el tratamiento de dotación de 2,17, el que presenta una oferta de 5,1%.

#### 4.2.2.2 Evolución del forraje remanente

A continuación se presenta el remanente de los distintos tratamientos luego de cada pastoreo.

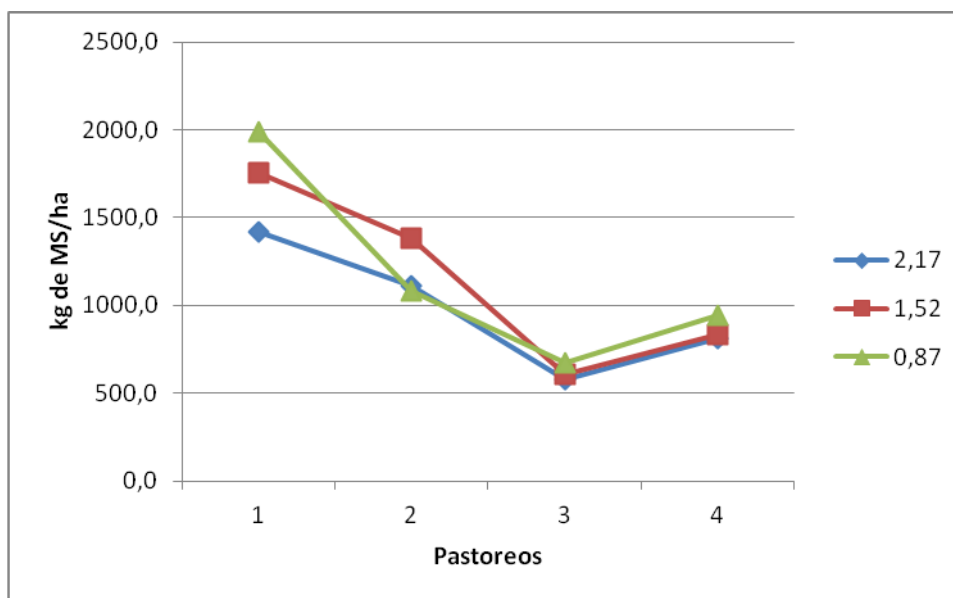


Figura No. 8. Evolución del remanente de forraje (kg de materia seca por hectárea) para los distintos tratamientos, durante el periodo experimental.

Se observa similar comportamiento de todos los tratamientos a medida que transcurren los pastoreos, teniendo una tendencia similar a la observada en el disponible. El descenso del forraje remanente se explica por las mismas razones expresadas en la evolución del forraje disponible (4.2.1.2), la tasa de crecimiento fue menor al forraje desaparecido en cada tratamiento hasta el

pastoreo numero 3, a partir de este, la tasa de crecimiento excede al desaparecido para todos los tratamientos incrementando los kg de MS/ha remanentes.

#### 4.2.2.3 Altura de forraje remanente

En el siguiente cuadro se pueden observar las alturas del forraje remanente para los distintos pastoreos como promedio de todo el periodo experimental y para la estación invernal y primaveral. También se hallaron los valores de altura máxima, mínima y varianza para todo el periodo experimental de cada tratamiento.

Cuadro No. 2. Altura promedio del remanente en centímetros por estación, máximo, mínimo, desvió estandar y altura del remanente para todo el periodo experimental, en función de la dotación (animales/ha).

Dotación (animales/ha)	Altura remanente invierno (cm)	Altura remanente primavera (cm)	Altura remanente, total del periodo experimental (cm)	Máx (cm)	Mín (cm)	Desvió estándar (cm)
2,17	6,8 a	5,1 a	5,9 a	8,6	4,2	1,5
1,52	8,2 a	5,5 a	7.0 a	11,5	3,6	2,5
0,87	9,2 a	6,5 a	7.6 a	12,7	2,4	3,4

Medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (ver Anexo 5).

La altura promedio del remanente no varió en forma significativa entre tratamientos para las estaciones de invierno y primavera, al igual que para todo el periodo experimental. El rango obtenido se encuentra dentro de lo recomendado por Zanoniani et al. (2006), mencionando alturas óptimas de remanente entre 5 y 7 cm, las que no limitaran la productividad de la pastura.

La mayor altura remanente en la estación invernal frente a la primaveral se explica por la acumulación de forraje del mes de mayo que lleva a comenzar el periodo de estudio con una alta acumulación de materia seca y por un menor tamaño de los animales en invierno que generan un menor consumo por unidad de superficie provocando mayores alturas del forraje remanente. Además esto

concuerta con lo representado en la figura número 8, Evolución del forraje remanente, porque existe una relación lineal entre la cantidad de forraje remanente y la altura remanente (Agustoni et al., 2008). Como hay mayor forraje remanente en el pastoreo 1 y 2 que representan la estación de invierno en relación al pastoreo 3 y 4 que representan la estación de primavera es esperable encontrar diferencias en altura remanente entre estas estaciones como se observan en el cuadro.

Con menores dotaciones la variación en la altura del remanente es mayor, lo que estaría explicado por el comportamiento del animal en pastoreo que selecciona de cada parche de pastoreo las porciones de mayor valor nutritivo de cada planta (Hodgson, 1990). A mayor dotación, es mayor el consumo por unidad de superficie, disminuyendo la oportunidad de selección de cada animal, determinando alturas de remanente más uniformes por un menor grado de selectividad dentro de la pradera (Cubillos y Mott, 1969). En otras palabras, Cangiano (1997) expresa que el exceso de forraje respecto a la demanda animal genera heterogeneidad de los atributos estructurales de la pastura ya que los animales tienen mayor oportunidad de seleccionar, cosechando algunas partes y rechazando otras.

Estos datos de altura remanente son similares a los obtenidos por Agustoni et al. (2008), Fariña y Saravia (2010), Arenares et al. (2011), pero inferiores a los obtenidos por Almada et al. (2007) en 4 cm aproximadamente, esto es lógico debido a que los remanentes obtenidos en este estudio superan los 2500 kg/ha.

En la siguiente figura se muestra la relación existente entre la altura del forraje remanente y los kg de MS/ha para todo el periodo experimental.



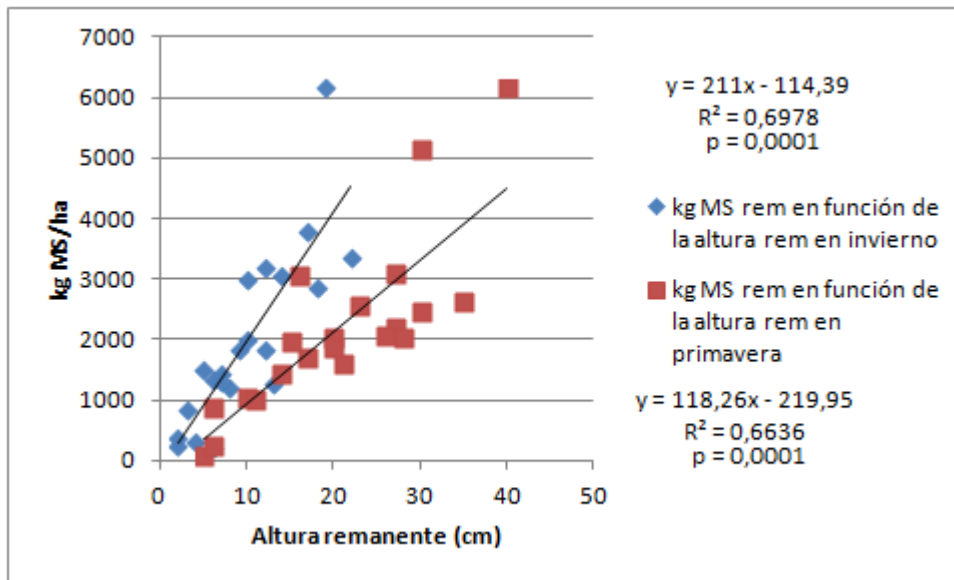


Figura No. 9. kg de materia seca remanente en función de la altura remanente en centímetros (ver Anexo 6).

En esta figura se puede observar la correlación entre la altura del forraje remanente y los kg de MS remanente para invierno y primavera. Se obtuvieron ecuaciones distintas entre estos dos momentos. Al igual que en la relación de kg de MS disponible y altura disponible para el periodo invernal, cada centímetro de aumento de la altura remanente determina una mayor cantidad de forraje remanente en comparación al periodo primaveral. Como posible causa se puede citar la alta acumulación de forraje al iniciar la estación de invierno, junto a un cambio en la estructura de la pastura desde la estación de invierno hacia la de primavera, disminuyendo la densidad del estrato inferior en esta última estación (García, 2005).

#### 4.2.3 Forraje desaparecido

Se calculó la cantidad de forraje desaparecido en cada tratamiento post-pastoreo obteniendo un resultado total y promedio del periodo experimental.

Cuadro No. 3. Forraje desaparecido en kg de MS/ha, por estación, promedio del periodo experimental en función de los diferentes tratamientos.

Dotación (animales/ha)	Forraje desaparecido promedio (kg MS/ha)	Forraje total desaparecido (kg MS/ha)
2,17	1322 a	4751 a
1,52	1411 a	5043 a
0,87	1474 a	5326 a

Medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (ver Anexo 7).

Como se observa en el cuadro no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos para esta variable. Como el forraje desaparecido no está compuesto solamente por lo consumido por los animales, ya que hay material que senesce (Parsons et al., 1983), se puede decir que es esperable para el tratamiento de mayor dotación que el forraje desaparecido se explique principalmente por el consumo de los animales, disminuyendo esta proporción a medida que disminuye la dotación, coincidiendo con Parsons et al. (1983) que expresa que con aumentos de la intensidad de pastoreo se ocasionan aumentos de la cantidad de forraje consumido, disminuyendo el material muerto por unidad de superficie. Según Hodgson (1990), Cangiano (1997), Carámbula (2010a), cuando se trabaja a bajas dotaciones se permite acumular forraje en forma excesiva ocasionando posiblemente pérdidas de cantidades importantes de materia seca especialmente en periodos de abundancia de forraje. En otras palabras a mayor oferta de forraje (menor dotación), la cantidad de forraje ofrecido al animal excede ampliamente su consumo, esto trae como consecuencia un aumento en la cantidad de forraje senescente (Muslera y Ratera, 1984). A esto Thomas y Stoddart (1980), agregan que la mayor cantidad de tejido senescente es explicado porque las hojas superiores ejercen sombreado sobre las inferiores, alteran la calidad de luz que llega a los niveles más bajos de la pastura. Además muchas hojas cumplen su vida media antes del siguiente pastoreo (Colabelli et al., 1998).

#### 4.2.4 Porcentaje de desaparecido

A continuación se presenta el porcentaje de forraje desaparecido para los distintos tratamientos como promedio para el período de estudio y expresado en relación al total de forraje producido (relación entre el forraje desaparecido total y la producción de forraje total).

Cuadro No. 4. Porcentaje de utilización por estación, para el periodo experimental en función de los distintos tratamientos.

Dotación (animales/ha)	% Desaparecido	% Desaparecido en relación a lo producido
2,17	50 a	75 a
1,52	50 a	75 a
0,87	49 a	76 a

Medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (ver Anexo 8).

El porcentaje de desaparecido entre los distintos tratamientos no difirió estadísticamente.

Estos datos no concuerdan con los de Mott (1960), Hodgson (1990), Gastal et al. (2004), Agustoni et al. (2008), en los cuales, una mayor oferta de forraje (menor dotación) determina una mayor oportunidad de selección y por lo tanto la eficiencia de utilización del forraje disminuye.

Al no registrarse importantes diferencias en la disponibilidad de forraje y en la cantidad de forraje desaparecido es esperable que no se registren diferencias significativas entre los distintos tratamientos para la variable porcentaje de forraje desaparecido.

La principal explicación de estos resultados se debe al manejo de la defoliación, ya que en este experimento todos los tratamientos cambian de bloque en forma conjunta cuando se alcanzan alturas remanentes aproximadas de 5 cm en el tratamiento de mayor dotación. Este manejo no permitió lograr diferentes porcentajes de cosecha entre los tratamientos.

#### 4.2.5 Producción de Materia Seca

##### 4.2.5.1 Tasa de crecimiento

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos para la variable tasa de crecimiento, tanto para las estaciones de invierno y primavera como para el total del periodo de estudio.

Cuadro No. 5. Tasa de crecimiento por estación y para el periodo experimental en función de los distintos tratamientos.

Dotación (animales/ha)	TC Invierno (kg/ha/día)	TC Primavera (kg/ha/día)	TC Inv-Prim (kg/ha/día)
2,17	45,3 ab	24,1 b	36,6 a
1,52	58,1 a	28,0 b	43,4 a
0,87	39,7 b	44,1 a	42,4 a

a, b: medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Fisher ( $p < 0,15$ ) (ver Anexo 9).

Como se muestra en el cuadro se puede apreciar que no hay diferencias significativas para el total del periodo de estudio entre las distintas dotaciones. En cambio si se observan diferencias entre los tratamientos en las distintas estaciones del periodo experimental.

Para la estación de invierno el comportamiento que se observa no coincide con lo expuesto por Brougham (1956), Smethan (1981), Muslera y Ratera (1984), Formoso (1996), Carámbula (2010a). Según Smethan (1981), con menor presión de pastoreo (menor dotación) es esperable una mayor tasa de crecimiento por una mayor velocidad de rebrote, lo que determina un menor periodo de tiempo hasta el IAF óptimo y por lo tanto más días con tasas de crecimiento máximas antes de la defoliación, en comparación a mayores presiones de pastoreo (mayores dotaciones). Una posible causa es que el tratamiento de menor dotación presenta una mayor cantidad de rastrojo que los otros dos tratamientos fundamentalmente en la estación de invierno, cuando hay una baja intensidad de luz. El rastrojo consiste en material vegetal viejo, de baja eficiencia fotosintética, este material vegetal muerto o senescente del rastrojo intercepta inútilmente energía luminosa, sombreando las hojas verdes, reduciendo la tasa de rebrote después del pastoreo (Smethan 1981, Muslera y Ratera 1984, Carámbula 2010a).

En la estación de primavera, si se observa una respuesta esperable, la tasa de crecimiento del tratamiento de menor dotación es mayor, esto es explicado por la misma razón expresada anteriormente, a menor presión de pastoreo, la pastura tiene una recuperación de IAF más rápida que a mayores presiones (Smethan, 1981). Además en esta estación ocurre el pasaje a estado reproductivo de la gramínea que es el componente principal de la pastura lo que

genera un incremento en la tasa de crecimiento (Formoso, 2010), siendo este aumento mayor en el tratamiento de menor dotación por registrar una mayor proporción de macollas reproductivas.

En cuanto a las diferencias entre estaciones son elevadas y muy superiores las invernales, no concordando con los datos reportados por García (2003), Leborgne (2008), Formoso (2011). Leborgne (2008) para una pastura compuesta por una gramínea perenne, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* propone tasas de crecimiento invernales de 12,5 kg MS/ha/día y para primavera de 38,9 kg MS/ha/día, siendo muy inferiores las invernales en comparación a las obtenidas en nuestro trabajo.

Para explicar las diferencias en las tasa de crecimiento registradas, siendo las invernales muy elevadas, se pueden citar como probables causas de este comportamiento: las fertilizaciones invernales, alta cantidad de días en el primer pastoreo para que los animales vuelvan a entrar a un bloque ya pastoreado, altas precipitaciones, periodo de primavera con menor número de días debido a que el trabajo de campo termino el 15 de noviembre, animales que en comparación a la estación de primavera presentan un menor consumo, lo que determina alturas remanentes mayores en invierno con una recuperación más rápida de la pastura en este periodo.

En relación a la tasa de crecimiento para todo el periodo son similares a los obtenidos por Fariña y Saravia (2010), siendo levemente superiores a las registradas por Arenares et al. (2011).

#### 4.2.5.2 Producción de forraje

A continuación se presenta la producción de forraje por estación y como total del periodo experimental por tratamiento.

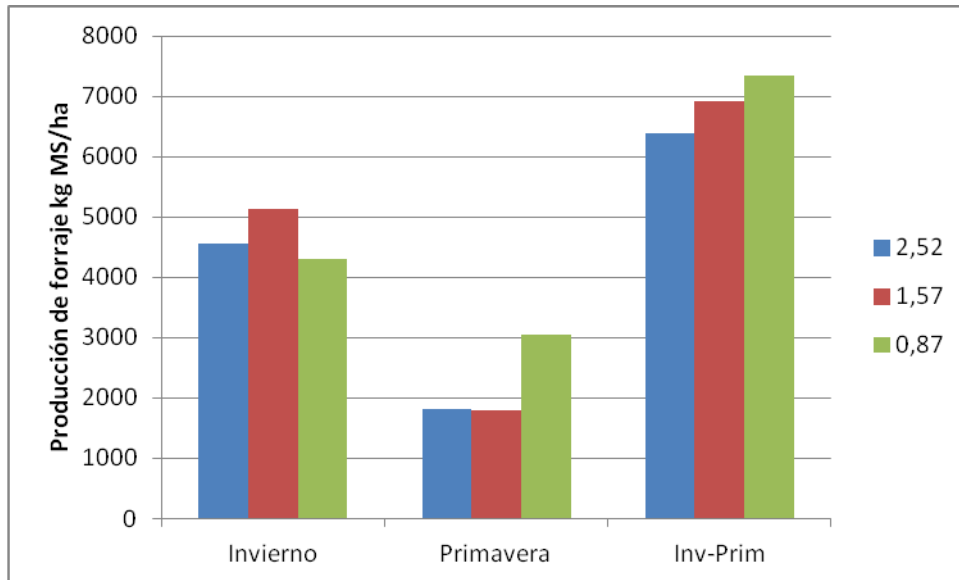


Figura No. 10. Producción de forraje por estación y total del periodo experimental por tratamiento (ver Anexo 10).

La producción de materia seca se ubico en el rango de 6300 y 7300 kg de MS por hectárea para el periodo de estudio, no existen diferencias en los tratamientos dentro de la estación de invierno y primavera, ni en la producción total.

Si se observaron diferencias entre las producciones obtenidas en las 2 estaciones en las que se trabajo. Esto es explicado por las altas tasas de crecimiento registradas en la estación de invierno, las causas de estos altos resultados ya fueron mencionadas en la sección 4.2.5.1, Tasa de crecimiento. Además el forraje al comienzo del experimento cuenta con 30 días de crecimiento sin pastoreo, lo que provoca que el disponible al inicio del experimento sea elevado. A esto hay que agregar que el periodo de estudio finalizo en los primeros días de noviembre por lo tanto la estación de primavera estaría con una menor producción de forraje debido a que faltan días de crecimiento para finalizar esta estación que no fueron registrados, los que generalmente en este momento del año presentan alta tasa de crecimiento.

Santiñaque (1979), en una mezcla similar, para el periodo invierno-primavera obtuvo una producción de 3700 kg MS/ha, aproximadamente la mitad del obtenido en este estudio. Formoso (2011), en una mezcla de tercer año y

con la misma composición de especies obtuvo resultados de materia seca de 8630 kg MS/ha para todo el año. Arenares et al. (2011), obtuvieron un resultado de 6539 kg de MS/ha, siendo más aproximado a los obtenidos en este estudio.

La importante diferencia entre los trabajos citados por Santiñaque (1979), Formoso (2011), se pueden explicar por un efecto de las características climáticas del año en el que se realizaron las estimaciones, y por el manejo de la defoliación. Para el caso de Santiñaque (1979) los cortes se realizaban mecánicamente cuando la pastura alcanzaba los 20-25 cm dejando un remanente de 5 cm. Esta frecuencia está por encima de la recomendada para el manejo de pasturas con Festuca y Trébol blanco, lo que puede ocasionar pérdidas de productividad. Para el caso de Formoso (2011), los corte se realizaban cada 30 días, con corte mecánico dejando un remanente de 4 cm, este bajo remanente no es recomendado por algunos autores como Zanoniani et al. (2006), Carámbula (2010a), llevando a disminuciones de producción en determinadas estaciones, provocando una baja de la producción total anual de materia seca.

#### 4.2.6 Composición botánica

Se presenta a continuación la evolución de la contribución porcentual de los distintos componentes de la pastura por tratamiento para los pastoreos realizados y como promedio del periodo experimental por tratamiento.

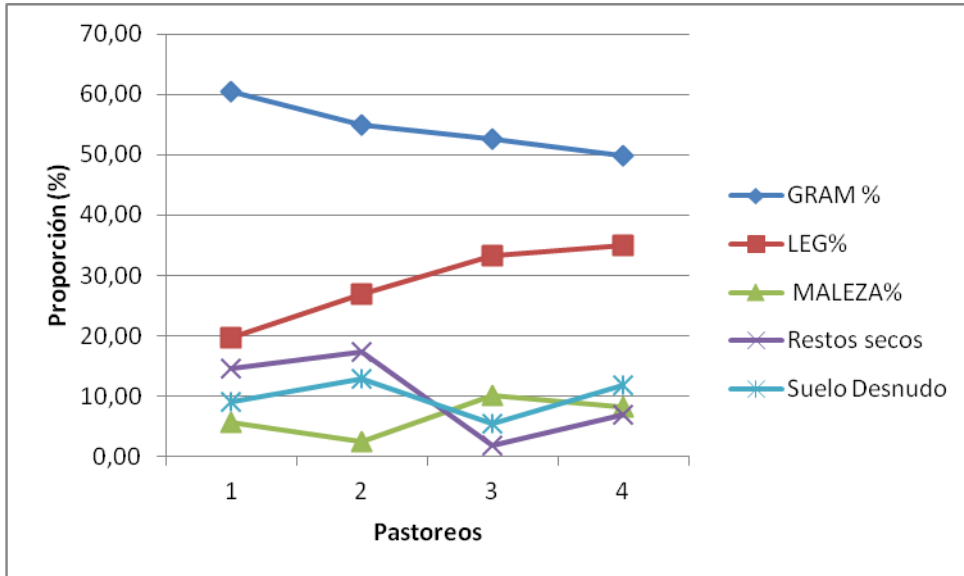


Figura No. 11. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 2,17 animales por hectárea.

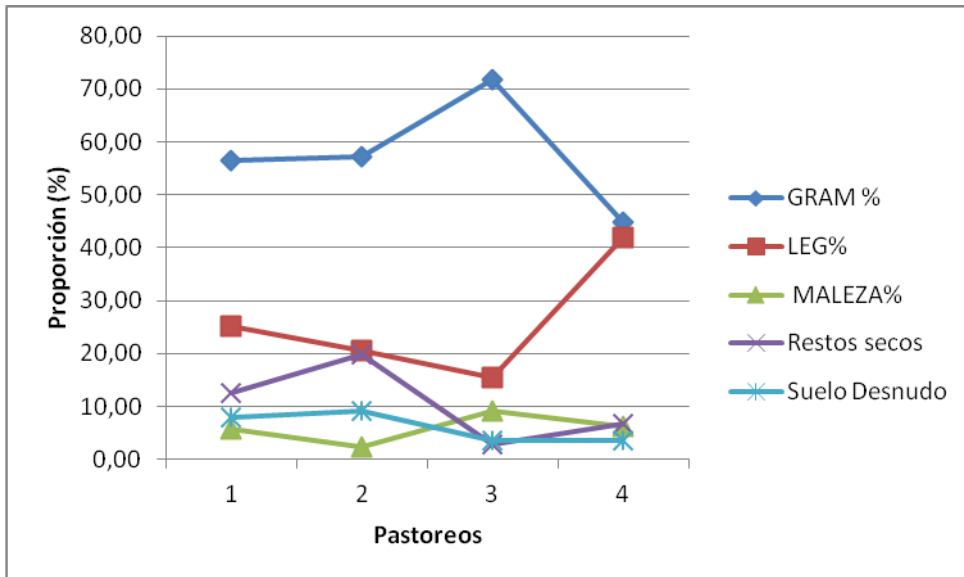


Figura No. 12. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 1,52 animales por hectárea.



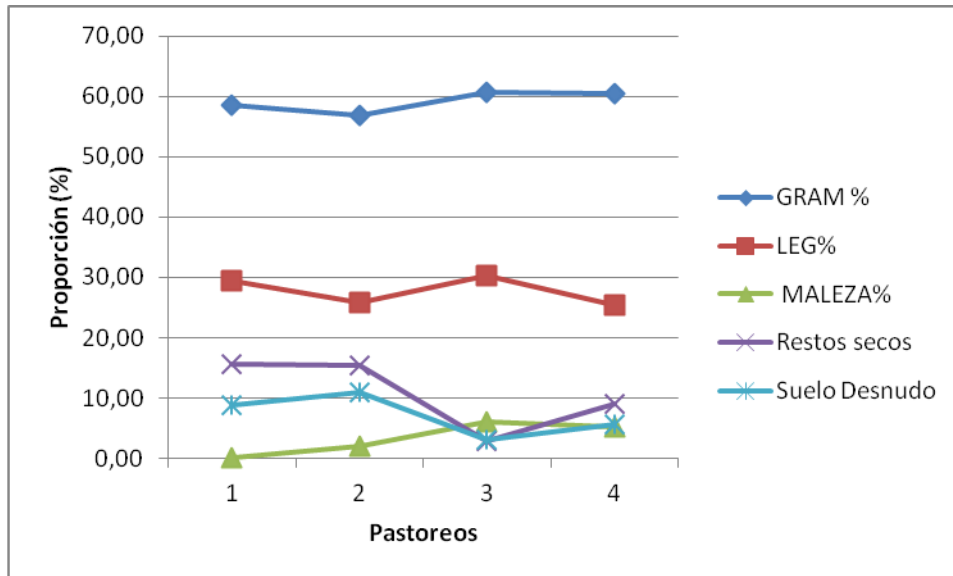


Figura No. 13. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 0,87 animales por hectárea.

Como comentario general se puede decir que para todo el período, independientemente del tratamiento se observó un predominio de la fracción gramínea, ubicándose entorno al 60%, seguido por la fracción leguminosa compuesta principalmente por Trébol blanco la que representa el 30% aproximadamente. Los componentes malezas, restos secos y suelo desnudo tienen un comportamiento muy similar en las tres dotaciones. El componente suelo desnudo en promedio no superó el 10% por lo que se puede decir que los distintos componentes de la pastura generan la casi total cobertura y no dejan grandes espacios vacíos donde se puede generar colonización de malezas, causando enmalezamientos problemáticos. El componente maleza en ningún momento y en ningún tratamiento se ubicó por encima del 10%, por lo tanto este factor reductor de la producción no afectó a esta pastura de manera importante, esto es explicado, como se mencionó anteriormente por la buena cobertura de las especies sembradas, sumado a las aplicaciones de herbicidas para el control de malezas invernales.

En los primeros pastoreos existe mayor porcentaje de material muerto explicado por acumulación de forraje (alto disponible inicial) el que no es utilizado por los animales, quedando representado por los restos secos, estos

desciende al transcurrir los pastoreos lo que pauta un menor tiempo entre las sucesivas defoliaciones a medida que transcurre el periodo experimental.

Se observa un comportamiento diferente para los tres tratamientos, el de 2,17 presenta una evolución para sus componentes principales que marca una disminución de la gramínea y un aumento del componente leguminosa a medida que transcurren los pastoreos.

El tratamiento de dotación intermedia presenta una caída de la fracción leguminosa hasta el tercer pastoreo y aumentando de manera importante en el último pastoreo. Lo que ocurre desde el tercer pastoreo al cuarto coincide con la evolución del tratamiento de dotación de 2,17 (aumento de leguminosa y descenso del componente gramínea), pero el cambio en la proporción de sus componentes tiene una mayor magnitud.

En el tratamiento de 0,87 los componentes gramínea y leguminosa se mantienen en forma constante a lo largo de los pastoreos presentando pequeñas variaciones, manteniendo las proporciones de sus componentes principales sin grandes cambios desde la estación de invierno hasta la de primavera.

En el siguiente cuadro se presenta la evolución de la composición botánica registrada en el disponible a través de los cuatro pastoreos realizados en todo el periodo experimental.

Cuadro No. 6. Proporciones promedio de la evolución del disponible de los distintos componentes de la pastura según la dotación.

Dotación (animales/ha)	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Malezas (%)	Restos secos (%)	Suelo desnudo (%)
2,17	54,5 a	28,7 a	6,6 a	10,2 a	9,8 a
1,52	57,7 a	25,9 a	5,9 ab	10,5 a	6,0 b
0,87	59,1 a	27,7 a	3,3 b	10,7 a	7,1 ab

a, b: medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Fisher ( $p < 0,15$ ) (ver Anexo 11).

Como muestra claramente este cuadro, los componentes principales de la pastura no presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos. También se observó este comportamiento para la fracción resto seco.

En cambio para el componente malezas se observó un comportamiento que era esperado siendo mayor la proporción de malezas en el tratamiento de mayor dotación, coincidiendo con lo reportado por Agustoni et al. (2008). En este tratamiento el mayor consumo por unidad de superficie genera en la pastura una menor capacidad de competencia de los componentes sembrados frente a los espontáneos (Escuder, 1997b), a esto se le suma un mayor pisoteo, produciendo que más plantas sean dañadas por la interacción animal-planta (Muslera y Ratera 1984, Hodgson 1990), lo que determina una pérdida de cobertura frente a el tratamiento de menor dotación, otorgándole a las malezas suelo desnudo para su posible colonización.

En relación al suelo desnudo no se encontraron diferencias estadísticas entre el tratamiento de dotación de 2,17 y 0,87, tampoco entre los tratamientos de dotación de 1,52 y 0,87. El comportamiento esperable era una disminución del componente suelo desnudo desde el tratamiento de mayor dotación hacia el de menor dotación explicado por la misma causa expresada en el párrafo anterior, lo que ocurre, pero la proporción del tratamiento de 1,52 debería ser intermedia entre los dos tratamientos más contrastantes, lo que no se produce en este trabajo.

García y Millot (1978), consideran una buena pradera la que presenta una contribución de 70% de gramíneas y el restante 30% de leguminosas. La proporción mayor de gramíneas es explicada porque deben ser la columna vertebral de la pastura por su mayor potencial de producción, por su fisiología y disposición foliar. En relación a la proporción de la leguminosa se explica por aumentar el valor nutritivo de la dieta, aumentar la digestibilidad de la misma, contenido proteico y mineral. Se puede decir que la pastura evaluada en este trabajo se encuentra muy cercana al concepto de buena pastura descrito por García y Millot (1978).

A continuación se presenta la evolución de la composición botánica registrada en el remanente a través de los distintos pastoreos realizados en el periodo experimental.

Cuadro No. 7. Proporción promedio de la evolución del remanente de los distintos componentes de la pastura según la dotación.

Dotación (animales /ha)	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Malezas (%)	Restos secos (%)	Suelo desnudo (%)
2,17	62,2 a	17,8 ab	6,8 a	13,2 a	8,9 a
1,52	63,4 a	14,7 b	6,4 a	15,5 a	8,8 a
0,87	55,2 a	23,5 a	5,8 a	10,8 a	7,5 a

a, b: medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Fisher ( $p < 0,15$ ) (ver Anexo 12).

Todos los componentes de la pastura no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, salvo el componente leguminosa. En esta fracción se puede observar que no hay diferencias significativas entre los tratamientos extremos, pero si hay una menor proporción en el tratamiento de 1,52 animales/ha, debido a que este tratamiento presenta una evolución de disminución de las leguminosas hasta el tercer pastoreo en el disponible.

Para los componentes malezas y suelo desnudo no hay diferencias estadísticamente significativas, pero se observa la misma tendencia que para el disponible, siendo mayor las malezas y el suelo desnudo en el tratamiento de mayor dotación.

Comparando el disponible y remanente se puede ver que existió una selección hacia el componente leguminosa, evidenciado por la menor proporción que existe en el remanente. La selección hacia leguminosas se dio en todos los tratamientos independientemente de la dotación, siendo mayor la proporción de esta en los tratamientos de 2,17 y 1,52 animales/ha. La explicación de esto se basa en que las leguminosas son especies que prefieren los animales por su mayor valor nutritivo (Blaser et al. 1960, García y Millot 1978, Carámbula 2010a), siendo estas mayormente consumidas en los tratamientos de mayores dotaciones. Este comportamiento de selección puede ser aún mayor cuando el componente Festuca comienza la fase reproductiva

(primavera), donde puede llegar a ser rechazada (Carámbula, 2010a), afectando la tasa de consumo y por lo tanto el consumo diario por el aumento de la proporción de tallos reproductivos (Cangiano, 1997).

En las siguientes dos figuras se presenta la composición botánica al inicio del experimento y al final del mismo. Al comparar estas dos figuras se puede apreciar como el manejo del pastoreo afecto la proporción de cada uno de los componentes de la pastura para los tres tratamientos evaluados.

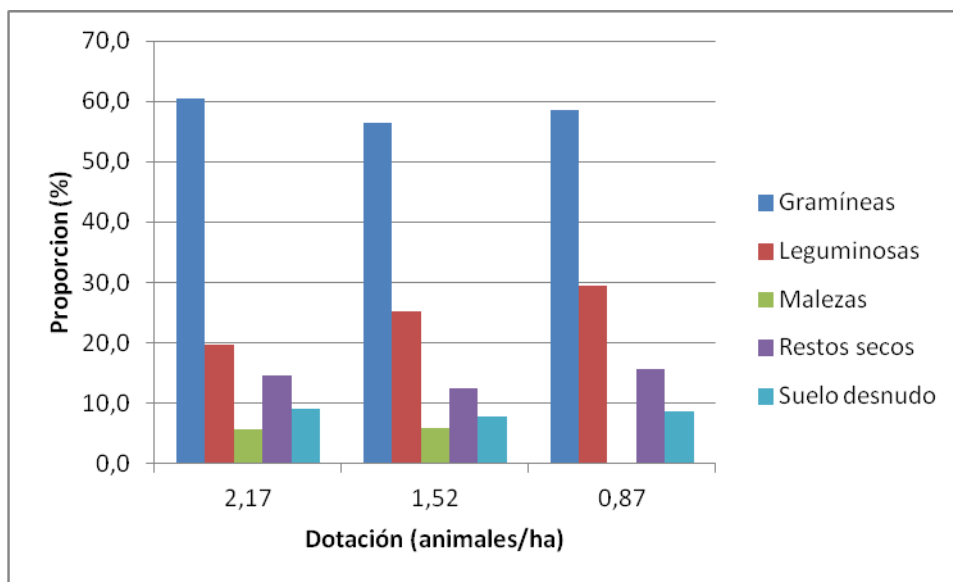


Figura No. 14. Proporción de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento.

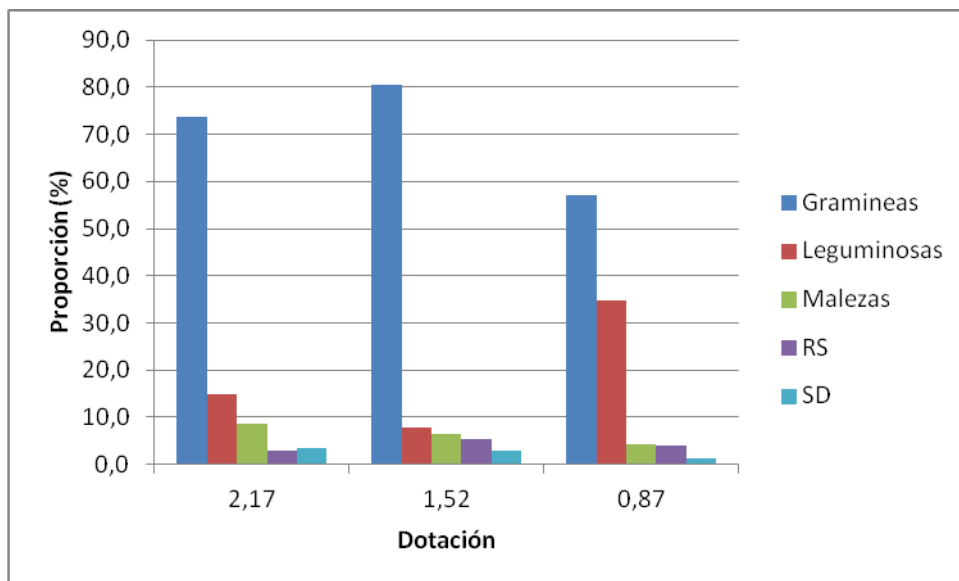


Figura No. 15. Proporción de los distintos componentes de la pastura al final del experimento.

Se puede observar al comparar los dos gráficos que para los 3 tratamientos se produjeron variaciones en los componentes de la pastura. Todos los tratamientos al finalizar el período de estudio redujeron de manera importante la fracción restos secos, principalmente explicado por un comienzo del período de estudio con la acumulación de forraje del mes de mayo.

En relación a las leguminosas, en el tratamiento de menor dotación se logro mantener este componente en igual proporción que al inicio del experimento mientras que en el tratamiento intermedio y el de mayor dotación se redujo, por la mayor presión de selección en estos tratamientos. Esta mayor presión de selección hacia las leguminosas provoca un aumento de la proporción del componente gramínea por una menor preferencia hacia esta fracción, coincidiendo con lo expresado por Cubillos y Mott (1969), que afirman que al aumentar la dotación animal el forraje de alto valor nutritivo es el que los animales consumen primero.

Estas proporciones no coinciden con las presentadas por Agustoni et al. (2008) dado que en su trabajo predominó el componente leguminosa de la mezcla, esto se puede explicar por tratarse de una pradera de segundo año siendo el componente gramínea *Lolium perenne*, además de tener distinto

régimen de defoliación. Los resultados obtenidos concuerdan con lo expresado por Carámbula (1991), García (1995) que describen un cambio en el balance gramínea/leguminosa con la edad de la pastura dominando a partir del segundo y tercer año el componente gramínea en la mezcla.

Por otro lado, Formoso (2010) en una pastura de tercer año con los mismos componentes que la de este estudio obtuvo un aporte de *Festuca* entorno al 30% del total de MS. Esta gran diferencia puede ser explicada por efecto de condiciones climáticas en el año de la evaluación, un manejo de defoliación cada 30 días con cortes mecánicos dejando remanentes de 4 cm, manejo de refertilizaciones, entre otros aspectos.

#### 4.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA PASTURA

Se presenta el número de plantas, macollos y macollos/plantas para *Festuca arundinacea* para los tres tratamientos, conjuntamente se detalla la evolución en el periodo experimental de las variables anteriormente mencionadas. También se presentan los valores obtenidos de los tres componentes de la pastura para la relación raíz/parte aérea de los tratamientos evaluados.

##### 4.3.1 Número de plantas y macollos

A continuación se detallan los resultados obtenidos como promedio de todo el periodo experimental para número de plantas, número de macollos por metro cuadrado y de macollos por planta para cada tratamiento.

Cuadro No. 8. Número de plantas y macollos en relación a la dotación.

Dotación (animales/ha)	Número de plantas	Número de macollos	Macollos/plantas
2,17	88,9 a	2000,0 a	22,6 a
1,52	95,8 a	1787,5 a	18,8 a
0,87	90,2 a	1833,3 a	20,6 a

Medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (ver Anexo 13).

Del cuadro anterior se puede observar que no se registraron diferencias significativas para número de plantas, número de macollos y macollo por planta

en relación a las 3 dotaciones evaluadas. Saldanha (2009), observo que el aumento de la oferta de forraje (disminución de la dotación) provoca un incremento en la densidad de macollos para una mezcla de primer año de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. En cambio, Parsons, citado por Scheneiter (2005), agrega que un pastoreo con baja dotación animal conduce a una pastura compuesta por una baja densidad de macollos pero de gran tamaño, por el contrario cuando se pastorea con dotaciones altas las pasturas consistirán en una alta densidad de macollos de menor tamaño. Esto último coincide con lo reportado por Mc Reaside et al. (2012) que obtuvo mayor cantidad de macollos por m<sup>2</sup> con mayores presiones de pastoreo. En particular para nuestro estudio se puede ver que no hay diferencias significativas para el número de macollos pero hay una diferencia de 167 macollos/m<sup>2</sup> más en el tratamiento de mayor dotación, coincidiendo con lo expuesto por Parsons, citado por Scheneiter (2005) y por Mc Reaside et al. (2012). Esta menor cantidad de macollos en el tratamiento de menor dotación se debe a que la tasa de aparición de macollos es reducida por el sombreado, debido a que se restringe el desarrollo de sitios potenciales de macollos (Mitchell y Coles, citados por Chapman et al., 1983).

Saldanha (2009), registro un número de macollos por planta promedio de 6 para el periodo de estudio. Fariña y Saravia (2010), obtuvieron valores de 7,35 macollo por planta para *Festuca arundinacea* de primer año. Las diferencia con los valores obtenido entre los estudios se debe a que cada macollo tiene la capacidad de independizarse de la planta o macollo que le dio origen y tiene la capacidad de producir en su meristema axilar otro nuevo macollo lo que le permite con el transcurso del tiempo aumentar su densidad (Langer, 1981), siempre que no sea severamente afectada por factores climáticos o por manejos de pastoreo muy abusivos que no dejen acumular reservas para el rebrote de la planta o que conduzcan a un limitado enraizamiento y ocasionen alta proporción de muerte de macollos (Fulkerson y Slack, 1995).

De Souza y Presno (2013), en una pradera de tercer año con los mismos componentes de la de este estudio y en un similar periodo de evaluación no registraron diferencias significativas para número de plantas, número de macollos, pero si para la variable número de macollos/planta, siendo mayor esta variable en el tratamiento de menor dotación. Tanto el número de macollos/m<sup>2</sup>, como el número de plantas/m<sup>2</sup> son mayores a la de nuestro



experimento, como posibles causas se pueden mencionar animales con menor peso promedio, distinto manejo de la defoliación, sumado a un manejo distinto de las pasturas en los años anteriores a la realización de ambos trabajos. Es importante mencionar que el bajo número de plantas registrado pueda estar afectado por la aplicación de Clorsulfuron en el primer año de la pastura, lo que provoco un bajo porcentaje de implantación para el componente Festuca.

En la siguiente figura se observa la evolución del número de plantas, número de macollos y macollos por planta desde el día 23 de junio hasta el día 24 de setiembre.

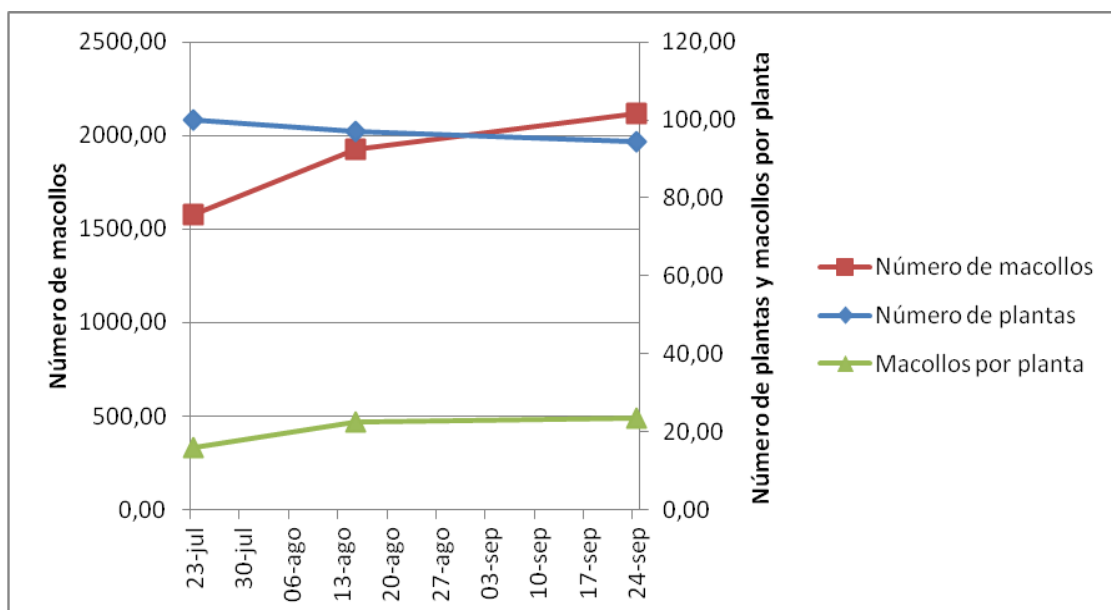


Figura No. 16. Dinámica de plantas, macollos y macollos por planta.

Como muestra la figura, el número de plantas permaneció sin cambios en el transcurso del periodo experimental. En relación al número de macollos, se observó un aumento desde el 23 de julio hasta el 24 de setiembre, coincidiendo esta evolución con la registrada por Formoso (2010), Scheneiter y Amendola (2012). En este último trabajo se registró un máximo que alcanza los 2900 macollos/m<sup>2</sup>, en el mes de setiembre.

Este aumento de macollos coincide con lo mencionado por Chapman et al. (1983), que relaciona la tasa de aparición foliar con las variaciones de temperatura a través del año, observando un aumento progresivo de esta tasa

desde fines de invierno hasta el verano. El mismo patrón fue observado para la tasa de aparición de macollos debido a su estrecha relación con la tasa de aparición foliar.

La magnitud del aumento de la densidad de macollos hacia primavera en este estudio es afectado de manera positiva por el efecto de las fertilizaciones realizadas en el periodo de estudio, ya que el agregado de nitrógeno estimula la producción de macollos (Simon y Lemaire 1987, Mazzanti et al. 1997).

#### 4.3.2 Relación parte aérea/raíz

En el siguiente cuadro se presentan los datos obtenidos para la relación parte aérea/raíz como promedio del periodo experimental para cada componente de la pastura en función de la dotación animal.

Cuadro No. 9. Relación parte aérea/raíz para las tres especies sembradas en la mezcla en relación a los tratamientos.

Dotación (animales/ha)	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
2,17	0,733 a	0,643 a	0,217 a
1,52	0,750 a	0,520 a	0,160 a
0,87	0,740 a	0,747 a	0,270 a

Medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (ver Anexo 13).

Como se observa en el cuadro anterior, no hay diferencia significativa entre los distintos tratamientos, mostrando que con las dotaciones evaluadas las plantas de las distintas especies mantienen un equilibrio entre el desarrollo de la parte aérea y el desarrollo radicular, esto concuerda con lo expresado por Muslera y Ratera (1984), Carámbula (2010a).

Moliterno (2000), Acle et al. (2004), Fariña y Saravia (2010), para *Festuca arundinacea* de primer año obtuvieron valores de 3,60, 3,40 y 2,45 respectivamente, en cambio para *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de primer año Acle et al. (2004) obtuvo valores de 5,0 y 4,3. Estas importantes diferencias se pueden atribuir a que en las primeras etapas del desarrollo, la planta prioriza la partición de asimilados hacia la parte aérea para interceptar la

radiación incidente (Acle et al., 2004). Para el caso de una pastura de tercer año las plantas de las distintas especies ya presentan un sistema radicular desarrollado y profundo con el fin de explotar los recursos disponibles y poder sobrevivir a eventos que alteran el crecimiento (Muslera y Ratera, 1984), obteniéndose una menor relación que en comparación a los datos obtenidos para evaluaciones de primer año.

Al comparar los datos obtenidos con los reportados por De Souza y Presno (2013), se puede observar que obtuvieron relaciones de 1,2 a 1,7 para *Festuca arundinacea* y de 1,6 a 2,3 para las leguminosas. La determinación en este trabajo se realizó de igual manera que en el nuestro, por lo tanto se pueden explicar las diferencias de estos registros por una mayor cantidad de forraje aéreo en la determinación de De Souza y Presno (2013) lo que genera que la relación sea mayor que la determinada en nuestro estudio.

En relación a las diferencias entre las distintas especies se debe a la distinta morfología de la parte aérea y a los distintos sistemas radiculares de las 3 especies que componen la mezcla.

A continuación se detalla los resultados obtenidos de cantidad de raíces promedio y totales para los 3 componentes de la pastura, entre los tratamientos evaluados en el periodo experimental.

Cuadro No. 10. Peso promedio de raíces para los tres componentes de la mezcla en relación a los distintos tratamientos.

Dotación	<i>Festuca arundinacea</i> (g/muestra)	<i>Trifolium repens</i> (g/muestra)	<i>Lotus corniculatus</i> (g/muestra)
2,17	20,92 a	11,84 a	11,33 a
1,52	19,19 a	5,24 a	5,91 a
0,87	17,90 a	12,26 a	22,44 a

Medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (ver Anexo 13).

Como se puede observar en este cuadro no hay diferencia entre la cantidad promedio de raíces entre los distintos tratamientos para los 3 componentes de la mezcla. Un resultado esperable sería un menor peso radicular en el tratamiento de mayor dotación. Esto estaría basado en que la

defoliación produce al eliminar hojas disminuciones bruscas en la provisión de carbohidratos a las raíces, por lo tanto el crecimiento y actividad radicular se detiene hasta que se haya reemplazado el área foliar (Carámbula, 2010a), siendo este proceso de mayor importancia en el tratamiento de mayor dotación.

En el siguiente cuadro se muestran los valores de la cantidad de raíces totales, se elaboró sumando la cantidad de raíces de todos los muestreos realizados para determinar que tratamiento presentó mayor peso radicular.

Cuadro No. 11. Cantidad de raíces totales para los componentes de la pastura en relación a las dotaciones.

Dotación	<i>Festuca arundinacea</i> (g)	<i>Trifolium repens</i> (g)	<i>Lotus corniculatus</i> (g)	Raíces Totales (g)
2,17	375,5	23,7	34,6	434,1
1,52	345,8	6,8	15,9	368,0
0,87	322,0	36,8	40,4	399,1

A partir de estos resultados de cantidad de raíces totales se puede ver un menor peso radicular para *Festuca arundinacea* y como raíces totales en el tratamiento de menor dotación. Esto se puede deber a que la competencia por luz entre plantas afecta también el crecimiento radicular, se produce una reducción de hidratos de carbono, deteniéndose el crecimiento radicular al estar la planta bajo una iluminación reducida (Evans, citado por Muslera y Ratera, 1984).

Al comparar entre los tratamientos al componente leguminosa se puede ver una mayor cantidad de peso radicular en el tratamiento de menor dotación, esto se debe a que en este tratamiento hay una proporción mayor de este componente, siendo muy estable en todo el periodo de estudio, lo que provoco que más plantas de leguminosas hayan sido contabilizadas en este tratamiento y por lo tanto su total sea mayor. Para el tratamiento intermedio se realiza el razonamiento opuesto, debido a que es el tratamiento con menor contribución de leguminosas, además es importante agregar que incluso en algunas extracciones de suelo el componente leguminosa en este tratamiento llego a estar ausente, estando compuesta toda la muestra de suelo por el componente *Festuca*.

#### 4.4 PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

A continuación se presentan los resultados de desempeño animal y producción por hectárea para los tres tratamientos evaluados en el periodo experimental.

##### 4.4.1 Ganancia media diaria y producción de carne por hectárea

En el siguiente cuadro se detallan los principales parámetros de producción animal registrados durante el periodo de estudio, además se realizó el cálculo de oferta de forraje para cada tratamiento el que será utilizado para realizar la discusión de los resultados obtenidos con los de trabajos anteriores.

Cuadro No. 12. Oferta de forraje, ganancia media diaria y ganancia de PV por animal y por hectárea por tratamiento para el periodo experimental.

Dotación (animales /ha)	Oferta de forraje (%)	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	GMD (Kg/día)	kg/PV/ animal	kg/PV/ha
2,17	5,1	408 b	531 c	0,84 c	124 c	269 a
1,52	7,7	414 b	562 b	0,99 b	148 b	221 b
0,87	12,8	459 a	624 a	1,16 a	165 a	148 c

a, b, c: medidas seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Fisher ( $p < 0,15$ ) (ver Anexo 14).

Es importante aclarar que las diferencias en los pesos iniciales se debe a que estas mismas dotaciones fueron evaluadas en el periodo estivo-otoñal, por lo tanto esa diferencia observada fue generada en el periodo anterior al comienzo de nuestro trabajo de campo. Para analizar los datos se utilizó como covariable el peso inicial para ajustar las diferencias iniciales y no afectar el análisis de datos en nuestro periodo experimental.

Existen diferencias significativas entre los tratamientos para las características evaluadas, un aumento de la dotación generó una disminución en la ganancia media diaria desde 1,16 kg PV/día en el tratamiento 0,87 hasta los mínimos de 0,84 kg/día en el tratamiento 2,17. Se observa que la producción por hectárea muestra un comportamiento opuesto a la ganancia

diaria por animal, al aumentar la dotación se logran las mayores producciones de peso vivo por unidad de superficie.

La producción por hectárea aumento continuamente al aumentar la dotación, esta tendencia no concuerda con la obtenida por Agustoni et al. (2008), en este estudio el tratamiento de menor dotación pudo compensar la producción de carne por hectárea por una alta ganancia media diaria, obteniendo una producción similar al tratamiento de mayor dotación.

Se puede afirmar que el tratamiento de mayor dotación fue más eficiente en el uso de forraje dado que logra una producción por hectárea 88% superior al tratamiento 0,87 y 20% superior al tratamiento 1,52, a pesar de una menor ganancia media diaria en 33% y 20% en relación a los tratamientos 0,87 y 1,52 respectivamente.

La dotación óptima o la oferta de forraje óptima se le llama a la que permite maximizar la productividad por unidad de superficie sin comprometer la persistencia de las pasturas (Cubillos y Mott 1969, Lombardo 2012).

En este estudio se puede decir que la oferta de forraje óptima se ubico en 5,1% (dotación de 2,17 animales/ha), lográndose ganancias individuales de 0,84 kg/animal/día y producciones de 269 kg/ha, sin ocasionar perjuicios sobre la pastura. Este valor de oferta de forraje concuerda con el óptimo obtenido en trabajos anteriores, si bien existen diferencias en el desempeño animal dado por las condiciones particulares de cada trabajo.

Almada et al. (2007), en una pradera de primer año compuesta por *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*, en similar periodo obtuvieron ganancias entre 1,0 y 1,4 kg/animal/día, 900 y 700 kg/ha de PV para ofertas de forraje de 4,5 y 7% de peso vivo respectivamente.

Agustoni et al. (2008) en el periodo invierno-primavera con una oferta de forraje entre 5,6 y 6,8% consiguieron los mejores desempeños, ganancias de 1,45 kg/día y 500-550 kg/ha, estos resultados superan a los de este estudio, esto puede deberse a que presenta mayor digestibilidad la pastura por tener Raigrás en lugar de Festuca y principalmente por tener una relación

gramínea/leguminosa menor (20/70 vs 60/30) lo que determina una dieta de mejor calidad.

Fogolino y Fernández (2009), en el mismo período sobre una pastura de primer año de *Lolium perenne*, *Agropyro elongatum*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* lograron con ofertas de 5,6% ganancias promedio de 2,05 kg/animal/día y producciones de 410 kg de PV por hectárea. En este experimento la MS obtenida fue mayormente aportada por el Raigrás. La mayor digestibilidad del Raigrás 65–75% en relación a la Festuca 50–70% (Picasso, 2010), explica en parte las altas producciones obtenidas.

Por otro lado, Fariña y Saravia (2010), plantean ganancias individuales de 2,5 kg/animal/día y de 545 a 590 kg de PV por hectárea, sobre dos pasturas de primer año, de *Festuca arundinacea*, *Agropiro elongatum*, *Trifolium repens* y *Lolium perenne*, *Agropyro elongatum*, *Trifolium repens* respectivamente, en el periodo invierno-primavera con ofertas similares.

Arenares et al. (2011), evaluando una mezcla con los mismos componentes a la de nuestro estudio pero de segundo año, obtuvieron con ofertas de 6% producciones individuales de 1,2 kg/animal/día y producciones por hectárea de 685 kg de PV. Las ganancias individuales y la producción por hectárea fueron superiores a las obtenidas en nuestro trabajo, esto se puede explicar por una mayor dotación y principalmente por el uso de una categoría más eficiente (terneros Holando), dado que tanto la oferta de forraje y la producción de forraje no difieren en forma importante entre los experimentos.

Abud et al. (2011), en una pradera similar a la de nuestro estudio obtuvieron ganancias promedio de 1,32 y 1,19 kg/animal/día en el periodo estival y otoñal respectivamente. Producciones de 245 kg/ha con ofertas de 9%, estos resultados son menores a los trabajos anteriores dado que como se menciono anteriormente, fue evaluado en el periodo estivo-otoñal en el cual se registraron condiciones de estrés térmico para los animales, y la pastura presenta menor digestibilidad.

Las menores producciones en este trabajo en relación a los anteriores no se explicarían por factores relacionados a la producción de forraje ni a la utilización, dado que se ubican en rangos similares y al realizar la comparación

para la oferta de forraje óptima, que se ubico entre 5 y 6% en todos los trabajos, las diferencias se deben a características propias de la pastura como alta contribución del componente gramínea (60%) en relación a el componente leguminosa (30%) y a la disminución de la digestibilidad de la gramínea, en primavera, explicado por su pasaje a estado reproductivo.

La producción por hectárea y la producción individual fueron limitadas por la calidad de la pastura, por ejemplo, en el tratamiento de mayor oferta (menor dotación) el animal podía seleccionar una dieta de mejor calidad, pero la seleccionada igualmente fue baja y no compenso la perdida de digestibilidad por el encañado de la Festuca. En los trabajos anteriores se puede ver como el mayor porcentaje de leguminosas o la inclusión de Raigrás perenne u otra gramínea mejoraría la calidad de la dieta y el desempeño animal en este periodo.

A continuación se presenta la ganancia media diaria y la producción de carne por hectárea en función de la oferta de forraje para todo el periodo experimental. Como se apreciaba en el cuadro anterior, el tratamiento de mayor dotación (2,17 animales/ha) alcanzo una oferta de forraje promedio para todo el periodo experimental de 5,1%, el tratamiento intermedio (1,52 animales/ha) de 7,7% y el de menor dotación animal (0,87 animales/ha) corresponde a una oferta de forraje de 12,8%.



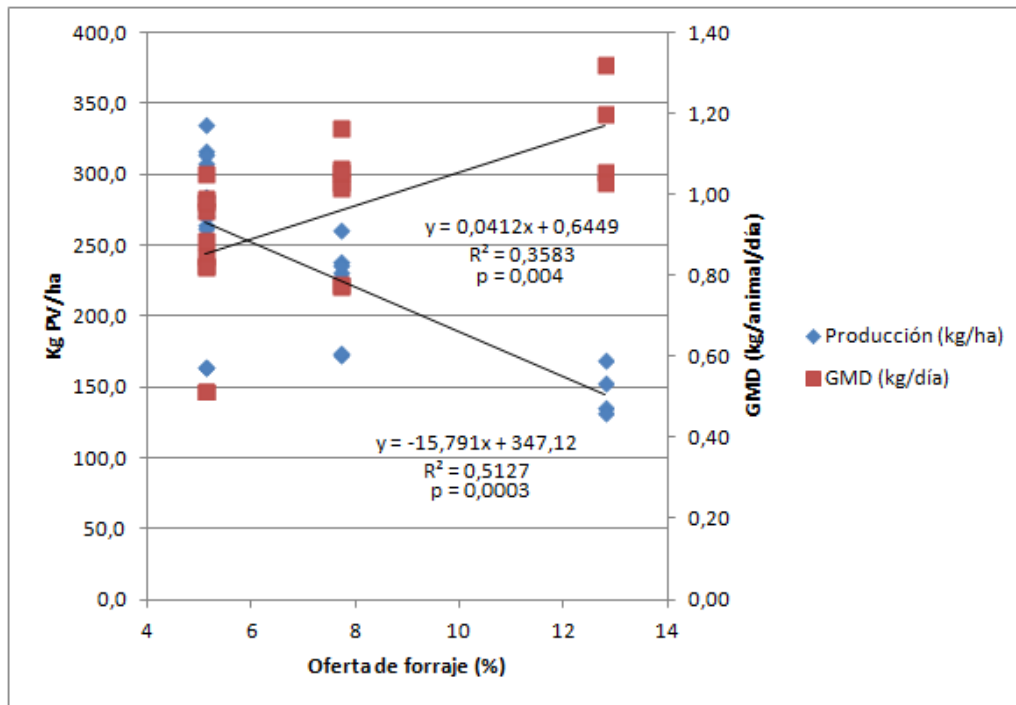


Figura No. 17. Ganancia media diaria promedio (kg/animal/día) y producción de carne promedio (kg/ha) en función de los distintos tratamientos para todo el período experimental (ver Anexo 14).

En esta figura se puede observar lo afirmado por Morley (1981), la intensidad de pastoreo (en este estudio expresado como dotación), es el componente principal que determina la producción animal.

Con disminución de la oferta de forraje (mayor dotación), se obtiene una disminución de la ganancia de peso por animal, en cambio cuando se observa la producción por hectárea se obtienen incrementos en la producción por unidad de superficie. Estos resultados coinciden con varios autores, como Blaser et al. (1960), Mott (1960), Cubillos y Mott (1969), Jamieson y Hodgson (1979), Morley (1981), Hodgson (1990), Dalley (1999).

#### 4.4.2 Producción de carne y eficiencia de producción

En relación a la eficiencia de producción, la misma relaciona los kg de MS producidos con los kg de peso vivo logrados en el total del periodo experimental.

Cuadro No. 13. Producción de PV y eficiencia de producción (kg MS/kg PV) en función de los distintos tratamientos.

Dotación (animales/ha)	PV/ha promedio (kg)	kg MS prod.	Kg PV prod.	Ef. Prod. (kg MS/kg PV)	% T10
2,17	1021	6377	269	24	100
1,52	743	6924	221	31	130
0,87	471	7351	148	51	217

Para producir 1 kg de PV en el tratamiento 0,87 fueron necesarios 51 kg de MS, duplicando la eficiencia del tratamiento de mayor dotación mientras que el de 1,52 animales/ha tiene un comportamiento intermedio.

Estos valores son más altos que los obtenidos por Fariña y Saravia (2010) en similar período para una mezcla de primer año compuesta por *Festuca arundinacea*, *Agropyron elongatum* y *Trifolium repens* quienes obtuvieron una eficiencia de 7,8 kg de MS/kg de PV, esa mayor eficiencia se relaciona con una dieta de mayor calidad y a una mayor dotación promedio (5,7 vs 1,9 UG) que permitió minimizar la encañazón de la *Festuca* y lograr una mayor producción de carne por hectárea.

El encañado de la *Festuca* a principios de la primavera produce gran cantidad de MS pero de baja digestibilidad lo que genera una baja eficiencia de producción. Su manejo requiere prevenir la floración para que no ocurra una disminución de la digestibilidad, debiendo ser utilizada de tal manera que no crezca mucho ya que si pierde terneza pierde digestibilidad, apetecibilidad y por lo tanto el animal puede llegar a rechazarla (Carámbula, 2010a).

#### 4.4.3 Evolución de la ganancia media diaria por animal

A continuación se muestra la evolución de la ganancia individual de los animales diferenciándose por tratamiento.

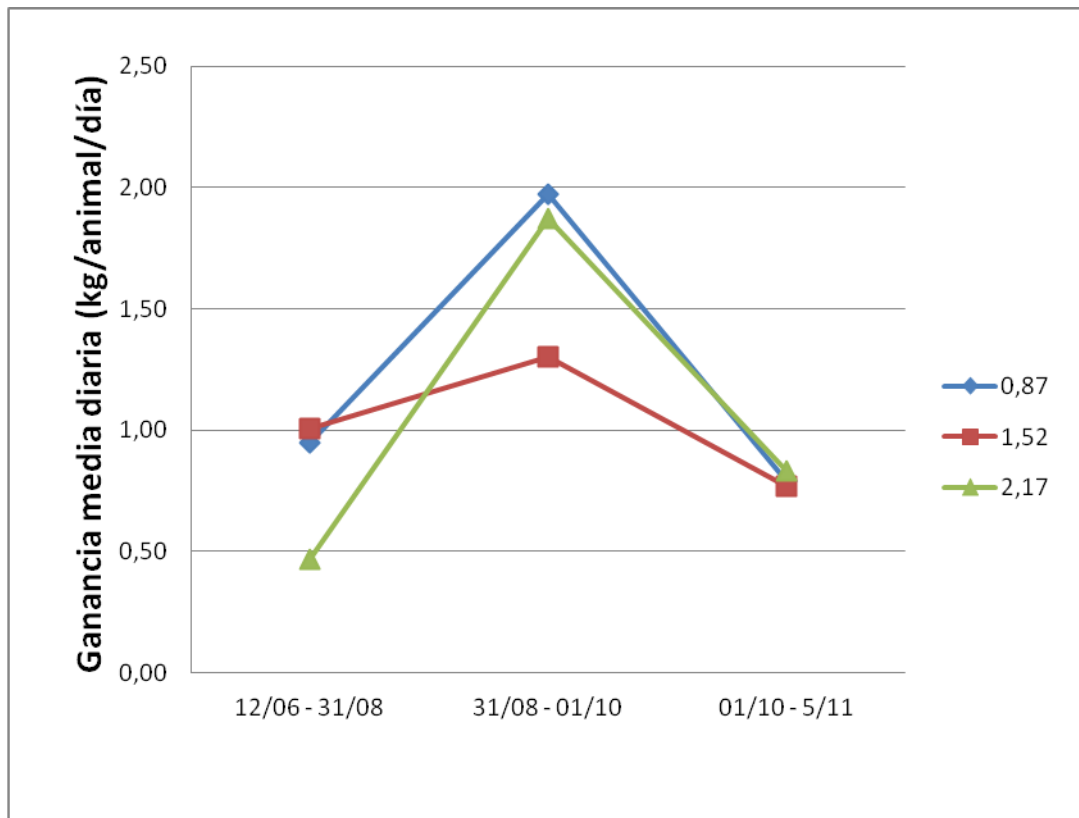


Figura No. 18. Evolución de la ganancia media diaria para cada uno de los tratamientos para el periodo experimental.

Al analizar las ganancias medias diarias vemos que todos los tratamientos tienen una evolución similar en el transcurso del período experimental. Las mayores ganancias se dan en el periodo invernal cuando la calidad del forraje es mayor que la de primavera.

En la primera sección de la grafica se observan las mayores ganancias medias diarias en el tratamiento de menor dotación y en el de dotación intermedia. El tratamiento de mayor dotación alcanza ganancias medias diarias muy por debajo a la de los otros dos tratamientos, siendo estos valores diferentes estadísticamente. En este momento se parte de disponibles altos y con una pastura de alta relación hoja/tallo, donde el componente principal como en todo el período experimental es Festuca. Por lo tanto la causa de esta menor ganancia media diaria se debe a que al tener este tratamiento mayor cantidad de animales por unidad de superficie, presenta un mayor consumo de forraje por hectárea, pero hay un menor consumo de forraje por animal (Hodgson,

1990). Además con una mayor presión de pastoreo, baja la posibilidad de selección de los animales cosechando un alimento de menor calidad, pudiendo ser reflejado esto en una menor ganancia media diaria para este tratamiento (Cubillos y Mott, 1969).

En la segunda sección se puede observar las ganancias medias diarias máximas para el período de estudio. Esto se debe a una altura de ingreso a la pastura de 15 cm aproximadamente, lo que le permite al animal obtener un bocado de buen peso y tamaño (Allden y Whittaker 1970, Hodgson 1990, Rovira 2008), con una pastura de buena calidad debido a que disminuyen los días entre la entrada de un bloque a otro, lo que determina una pastura con un bajo contenido de restos secos (Colabelli et al., 1998). Sumado a lo anterior en el tratamiento de dotación de 2,17 al observar la composición botánica se observa un aumento del componente leguminosa, permitiéndole a cada animal una cosecha de forraje de alto valor nutritivo. Para el tratamiento de 0,87 la composición botánica se mantiene estable pero este grupo de animales tiene una mayor cantidad de forraje por animal, lo que le permite a cada uno realizar una cosecha de alimento de alta calidad. En el tratamiento de 1,52 animales/ha, se observa que en este momento del periodo de estudio ocurre una disminución del componente leguminosa teniendo valores entre 15 y 20%, lo que podría llegar a explicar las menores ganancias medias diarias por una cosecha de forraje de menor valor nutritivo en relación a los otros dos tratamientos que presentan un contenido de leguminosas entorno al 30%.

Se observa una caída de la ganancia media diaria en la tercera sección, incluso en el tratamiento de menor dotación en donde los animales no logran cosechar una dieta de buena calidad por lo que las ganancias son bajas y similares en todos los tratamientos. Esto concuerda con lo mencionado en las secciones anteriores y ayudaría a entender las menores producciones promedio obtenidas en este trabajo. Al tener una alta cantidad de forraje disponible antes de cada pastoreo, la caída en la ganancia media diaria en este periodo se le puede atribuir a la pérdida de la calidad de la pastura (factores nutricionales), debido al pasaje a estado reproductivo del componente gramínea de la mezcla lo que genera una importante disminución en la digestibilidad de este componente que es el principal en la pastura (Carámbula, 2010a).

## 5. CONCLUSIONES

En función de los resultados de producción de forraje se puede decir que no se evidencian criterios objetivos que permitan elegir entre alguno de los tratamientos evaluados. Pudiéndose concluir que las dotaciones manejadas no afectaron la productividad y persistencia de la mezcla utilizada.

La composición botánica a no tuvo la misma evolución para los tres tratamientos en los distintos pastoreos del periodo de estudio. El componente principal de la mezcla fue Festuca llegando aproximadamente al 60% y el componente leguminosa alcanzo valores cercanos a 30% del total de la mezcla, para las tres dotaciones evaluadas. En relación a los componentes malezas y suelo desnudo se observaron diferencias significativas entre las distintas dotaciones siendo mayor el enmalezamiento y el suelo desnudo en el tratamiento de mayor dotación.

En cuanto a las características estructurales de la pastura no se registraron diferencias significativas en todos los parámetros evaluados, sin afectar los distintos tratamientos al número de plantas, macollos y a la relación parte aérea/raíz de los distintos componentes de la pastura. La evolución del número de macollos presento incrementos desde la estación de invierno hacia la de primavera, siendo el máximo valor obtenido en el mes de setiembre.

El desempeño animal vario entre invierno y primavera. Las ganancias diarias de invierno fueron las mayores. Esto es explicado por la pérdida de calidad de la pastura en esta última estación que genera que los animales reduzcan su consumo para evitar la ingesta de este forraje que se caracteriza por una baja digestibilidad, debido al pasaje al estado reproductivo del componente gramínea de la mezcla. Cuando observamos las ganancias diarias en el total del periodo de estudio se obtuvieron los mayores valores para el tratamiento de menor dotación, el que presenta menos eficiencia de producción y también menor producción de carne por hectárea. De esta manera al analizar la información de producción animal se puede observar el beneficio de la utilización del tratamiento de mayor dotación debido a que alcanza las mayores producciones por hectárea sin afectar de manera importante el peso final de los animales, que en este tratamiento llegaron aproximadamente a valores de 530 kg.

Trabajar con combinaciones de distintas dotaciones en las diferentes estaciones permitiría aumentar la productividad del sistema. La utilización de una u otra dotación dependerá del sistema de producción y del peso de los animales que se quiera lograr, si se deseara altas ganancias para terminación en invierno se debería optar por menores dotaciones, si se dispone de mayor tiempo para el engorde las mayores dotaciones permitirían lograr mayores producciones de carne por hectárea.

## 6. RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) ubicado sobre la ruta nacional No. 3, Km 363, en el período invierno-primavera, comprendido entre el 11/06/2012 al 15/11/2012. Los objetivos fueron evaluar el efecto de tres distintas dotaciones en una mezcla forrajera sobre la productividad de la pastura y sobre el desempeño animal. La pastura fue sembrada en el año 2010, por lo que en el momento del estudio se encontraba en su tercer año de producción, compuesta por *Festuca arundinacea* cultivar Tacuabé, *Trifolium repens* cultivar Zápican y *Lotus corniculatus* cultivar San Gabriel. Los tratamientos consisten en tres distintas dotaciones: 2,17, 1,52 y 0,87 animales/ha, utilizándose en total 21 novillos Holando con un peso promedio al comienzo del experimento de 430 kg aproximadamente. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos generalizados al azar y el área experimental comprendió un total de 13,8 has que se divide en 3 bloques y cada bloque se subdivide en 3 parcelas, las que se definen como unidad experimental. En relación a las variables evaluadas no se encontraron diferencias en la producción de materia seca entre los tres tratamientos, registrándose valores de 6300 kg MS/ha y 7300 kg MS/ha para los tratamientos de dotación de 2,17 y 0,87 animales/ha. También no se registraron diferencias entre tratamiento para las variables: altura del forraje disponible, cantidad y altura de forraje remanente, forraje desaparecido, porcentaje de desaparecido y tasa de crecimiento. La composición botánica presentó una dominancia de la fracción gramínea con una contribución cercana al 60% seguida de la fracción leguminosa con una contribución del 30% aproximadamente. Los componentes malezas y suelo desnudo presentaron diferencias significativas para los distintos tratamientos registrándose mayor presencia de malezas y suelo desnudo a medida que aumenta la dotación. Para la fracción gramínea, leguminosa y restos secos no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En lo que refiere a las características estructurales de la pastura no se registraron diferencias significativas en número de plantas, número de macollos, macollos/plantas y relación parte aérea/raíz. En relación a la dinámica de población de macollos se observó un aumento en el número de macollos desde la estación de invierno hacia la de primavera registrándose el máximo valor en setiembre alcanzando los 2117 macollos/m<sup>2</sup>. Las ganancias medias diarias logradas fueron diferentes estadísticamente entre los

tratamientos, logrando ganancias de 1,12 kg/día con dotaciones de 0,87 y 0,84 kg/día con dotaciones de 2,17. La producción de carne por hectárea fue mayor con altas dotaciones, obteniéndose 269 kg en el tratamiento de 2,17 animales/ha y 143 kg en el tratamiento 0,87 animales/ha difiriendo estos valores estadísticamente.

Palabras clave: Producción de forraje; Mezclas forrajeras; Producción animal; Dotación.



## 7. SUMMARY

The present study was held in the Research Station “Dr. Marío A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandu, Uruguay), during the period between 11<sup>th</sup> June and 15<sup>th</sup> November. The main objectives of this research were evaluate the productivity and the meat production of three different animal load in a mixture pasture. The pasture were sown in 2010, therefore at the moment of this study the pasture had three years of production, composed by *Festuca arundinacea* cv. Tacuabe, *Trifolium repens* cv. Zapican and *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel. The treatments consisted en three different animal load: 2,17, 1,52 and 0,87 animals/ha, using 21 Holstein animals with an average weight of 430 kg approximately at the start of the experiment. The experimental design consisted in completely randomized blocks, in an area of 13.8 ha, divided in 3 blocks, each one subdivided in 3 plots, obtaining a total of 9 plots. No significant differences between treatments were observed in dry matter production, achieving values of 6300 kg DM/ha and 7300 kg DM/ha for the 2,17 and 0,87 animals/ha treatments. No significant differences between treatments were observed for the variable: height of available forage, amount and height of remnant forage, missing forage, percentage of missing forage and rate of growth. The botanical composition present a grass predominance, attained 60% approximately, legume attained 30% approximately. The components weed and soil uncovered present differences from the different treatments, recorded more weed and soil uncovered with increase the animal load. For the fraction grass, legume and dry rests were not differences between the treatments. Respect to the structural characteristic of the pasture weren't had differences in numbers of plants, numbers of tillers, tillers/plants and relationship air/root. Regarded to the dynamic of tiller population were observed an increased in the number of tiller since the winter to spring station, attained the high value in september with 2117 tillers/m<sup>2</sup>. The daily weight gains were different between the treatments, achieving gains to 1,12 kg/day with 0,87 animals/ha and 0,84 kg/day with 2,17 animals/ha. The meat production on the hectare was greater by increase animals loads, achieving 268 kg in the 2,17 animals/ha treatment and 143 kg in the 0,87 animals/ha treatment, these values were different statistically.

Keywords: Forage production; Pasture mixture; Animal production; Animal load.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. ABUD, M. J.; GAUDENTI, C.; ORTICOCHEA, V.; PUIG, V.M. 2011. Evaluación estivo-otoñal de mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 106 p.
2. ACLE, F. J.; CLEMENT, G. M. 2004. Características de la implantación y vigor de gramíneas y leguminosas perennes integrantes de mezclas forrajeras y estudio de la población de unidades morfológicas en el otoño del 2º año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103 p.
3. AGNUSDEI, M.; COLABELLI, M.; MAZZANTI, A.; LAVREVEUX, M. 1998. Fundamentos para el manejo del pastoreo de pastizales y pasturas cultivadas de la Pampa Húmeda. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 147. 16 p.
4. AGUSTONI, F.; BUSSI, C.; SHIMABUKURO, M. 2008. Efectos de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
5. ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, I.A.McD. 1970 The determinants of herbage intake by grazing sheep; interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. Australian Journal of Agricultural Science. 21: 755-766.
6. ALMADA, F.; PALACIOS, M.; VILLALBA, S.; ZIPÍTRIA, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y lotus corniculatus. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100 p.
7. ALTAMIRANO, A.; da SILVA H.; DURAN, A.; PANARIO, U.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.

8. ANSLOW, R.C. 1966. The rate of appearance of leaves on tillers of the gramineae. *Herbage Abstracts*. 36 (3): 149-155.
9. ARENARES, G.; QUINTANA, C.; RIVERO, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 89 p.
10. ARNOLD, G.W. 1981. Grazing behavior. *In*: Morley, F. H. W. ed. *Grazing animals*. Amsterdam, Elsevier. pp. 79-104.
11. 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.
12. AYALA, W.; CARÁMBULA, M. 2009. El valor agronómico del genero Lotus. Montevideo, INIA. 424 p.
13. BEGUET, H.A.; BAVERA, G.A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. (en línea). *In*: Curso de Producción Bovina de Carne (2001, Río Cuarto, Córdoba, Argentina). Textos. Río Cuarto, Córdoba, UNRC. FAV. s.p. Consultado 30 oct. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/04-fisiologia\\_de\\_la\\_planta\\_pastoreada.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/04-fisiologia_de_la_planta_pastoreada.pdf)
14. BLASER, R. E.; HAMMES, R. C.; BRYANT, H. T.; HARDISON, W. A.; FONTENET, J. P.; ENGEL, R. W. 1960. The effect of selective grazing on animal output. *In*: International Grassland Congress (8th., 1960, Reading). Proceedings. Reading, University of Reading. pp. 601 – 606.
15. BROUGHAM, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7 (5): 377-387.
16. BRYANT, H. T.; BLASER, R.E.; HAMMES, R.C.; FONTENOT, J.P. 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.

17. CANGIANO, C.A. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp. 41 – 64.
18. CARÁMBULA, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
19. \_\_\_\_\_. 1997. Forrajeras; material seleccionado por la cátedra. Paysandú, Facultad de Agronomía. t.1, pp. 75-88.
20. \_\_\_\_\_. 2010a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
21. \_\_\_\_\_. 2010b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
22. \_\_\_\_\_. 2010c. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
23. CASAL, J.J.; DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A. 1984. Influencia de la calidad de la luz sobre el macollaje de gramíneas forrajeras. *Revista Argentina de Producción Animal*. 4 (3): 279-388.
24. CHAPMAN, D.F.; CLARK, D.A.; LAND, C.A.; DYMOCK, N. 1983. Leaf and tiller growth of *Lolium perenne* and *Agrostis* spp. and leaf appearance rates of *Trifolium repens* in set-stocked and rotationally grazed hill pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 26 (2): 159–168.
25. \_\_\_\_\_.; LEMAIRE G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 95-104.

26. CHILIBROSTE, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo; I Predicción del consumo. In: Jornadas de Buiatría (26as., 1998, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 1-7.
27. CLARKE, E.A. 1983. Manejo de pasturas. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 2 ago. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/03-manejo\\_de\\_pasturas.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/03-manejo_de_pasturas.htm)
28. COLABELLI, M.; AGNUSDEI, M.; MAZZANTI, A.; LABREVEUX, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
29. COOPER, J.P.; TANTON, N.M. 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 38 (3): 167-176.
30. 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.
31. DALLEY, D. E.; ROCHE, J. R.; GRAINGER, C.; MOATE, P. J. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pasture at different herbage allowances in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39 (8): 923-931.
32. DE LEÓN, M. 2007. Interacciones "pastura-animal". INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Cuadernillo clásico de forrajeras no. 135. 2 p.
33. DE SOUZA, P. A.; PRESNO, J. P. 2013. Productividad invierno – primavera de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos Holando con

distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 111 p.

34. DIAZ, J. E.; GARCÍA, J.A.; REBUFFO, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en la Estanzuela. Montevideo, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).
35. ESCUDER, C.J. 1997a. Crecimiento de las pasturas cultivadas. Algunos factores que lo afectan. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp.15 – 26.
36. \_\_\_\_\_. 1997b. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp. 65 – 83.
37. \_\_\_\_\_. 1997c. Morfología de gramíneas y leguminosas forrajeras. Implicancias en el manejo. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. pp. 5 – 14.
38. FARIÑA, M.; SARAVIA, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
39. FERNÁNDEZ, M.; NAVA, M.P. 2008. Efecto de la asignación de forraje y suplementación sobre la estructura y composición botánica de una mezcla. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
40. FOGILINO, F.; FERNÁNDEZ, F. 2009. Efecto del período de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de Raigrás perenne, T. Blanco, Lotus corniculatus y agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.

41. FORMOSO, F. 1993. Lotus corniculatus; performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
42. \_\_\_\_\_. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
43. \_\_\_\_\_. 2010. Festuca arundinacea, manejo para producción de forraje y semilla. Montevideo, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182).
44. \_\_\_\_\_. 2011. Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. Producción y calidad del forraje. Efectos del estrés ambiental e interferencia de gramilla (Cynodon dactylon, (L) PERS). Montevideo, INIA. 302 p. (Serie Técnica no. 188).
45. FULKERSON, W.J.; SLACK, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for Lolium perenne, 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. Grass and Forage Science. 49 (4): 373-377.
46. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for Lolium perenne; 2. Effect of defoliation frequency and height. Grass and Forage Science. 50 (1): 16-20.
47. GALLI, J. R. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp. 27 – 39.
48. \_\_\_\_\_.; CANGIANO, C. A. 1998. Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. Revista Argentina de Producción Animal. 18 (3): 247-261.
49. GARCÍA, J.A.; MILLOT, J.C. 1978. Estanzuela Tacuabé, primera variedad de *Festuca arundinacea* creada para el Uruguay. Revista de la Asociación Ingenieros Agrónomos del Uruguay. 2<sup>a</sup>. época. 9: 33-36.

50. \_\_\_\_\_. 1995. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
51. \_\_\_\_\_. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133).
52. 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 (2o., 2004, Curitiba). Trabajos presentados. s.n.t. s.p.
53. GRANT, S. A.; BARTHAM, G. I.; TORVELL, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium multiflorum* swards. *Grass and Forage Science*. 36: 155-168.
54. GREGORINI, P. 2007. Hagamos pastorear a los animales al atardecer. (en línea). Washington, D.C., USDA. s.p. Consultado 20 oct. 2013. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/59-pastorear\\_al\\_atardecer.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/59-pastorear_al_atardecer.pdf)
55. HARRIS, W.; THOMAS, V.J. 1973. Competition among pasture plants. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 16 (1): 49-58.
56. \_\_\_\_\_.; LAZENBY, A. 1974. Competitive interactions of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. *Australian Journal of Agricultural Research*. 25 (2): 227 – 246.
57. HODGSON, J. 1981. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. *In*: International Symposium of Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (1981, St. Lucia). Proceedings. St. Lucia, J. B. Hacker. pp. 153 – 166.
58. \_\_\_\_\_. 1990. Grazing management; science into practice. New York, Longman. 203 p.



59. INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS (INASE). 2012. Catálogo. (en línea). Montevideo. 101 p. Consultado ago. 2012. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/PubForrajeraPeriodo2011.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/PubForrajeraPeriodo2011.pdf)
60. JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34 (4): 261-271.
61. LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; DEMMENT, M.W.; SELIGMAN, N. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47: 91-102.
62. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1994. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science*. 39: 3-19.
63. LEBORGNE, R. 2008. Antecedentes técnicos y metodología para la presupuestación en establecimientos lecheros. 2ª. ed. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 53 p.
64. LEMAIRE, G.; DA SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. 2009. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures; a review. *Grass and Forage Science*. 64 (4):341-353.
65. LOMBARDO, S. 2012. Asignación de forraje. ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales?. *Revista Plan Agropecuario*. no. 143: 32-35.
66. LUCAS, H. L. 1963. Determination of forage yield and quality from animal responses. *Miscelánea USDA*. no. 940: 43-54.
67. MCNAUGHTON, S. J. 1979. Grazing as an optimization process; grass-ungulate relationship in the Serengeti. *The American Naturalist*. 113 (5): 691-703.

68. MARCHEGIANI, G. 1985. Morfofisiología de plantas forrajeras. (en línea). NZ Producciones-AACREA. Cuaderno de Actualización Técnica. 36: 6–16. Consultado 30 oct. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/31-morfofisiologia\\_plantas\\_forrajeras.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/31-morfofisiologia_plantas_forrajeras.pdf)
69. MATCHES, A.G. 1966. Influence of intact tillers and height of stubble on growth responses of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Crop Science*. 6: 484-487.
70. MAZZANTI, A.; MARINO, M.A.; LATTANZI, F.; ECHEVERRÍA, H.A.; ANDRADE, F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás en el sudeste bonaerense. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 143. 28 p.
71. MINSON, D. J. 1983. Forage quality: assesing the plant-animal complex. *In*: International Grassland Congress (14<sup>th</sup>., 1981, Lexington, Kentucky). Proceedings. Boulder, Colorado, Westview. pp. 23-29.
72. MOLITERNO, E. A. 2000. Caracterización de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. *Agrociencia* (Montevideo). 4(1): 31-49.
73. MONTOSSI, F.; RISSO, D.; PIGURINA, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. *In*: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).
74. MORLEY, F. H. W. 1981. Management of grazing systems. *In*: Morley, F. H. W. ed. *Grazing animals*. Amsterdam, Elsevier. pp. 379-400.
75. MOTT, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. *In*: International Grassland Congress (8<sup>th</sup>., 1960, Oxford). Proceedings. Reading, University of Reading. pp. 606–611.
76. MUSLERA, E.; RATERA, C. 1984. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid, Mundi-Prensa. 702 p.

77. PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLETT, B.; PENNING, P. D.; LEWIS, J. 1983. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. *Journal of Applied Ecology*. 20: 127-139.
78. \_\_\_\_\_.; PENNING, P.D. 1988a. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science*. 43 (1): 15-27.
79. \_\_\_\_\_.; JOHNSON, I.R.; HARVEY, A. 1988b. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. *Grass and Forage Science*. 43 (1):49-59.
80. PICASSO. 2010. Catalogo. (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado set. 2012. Disponible en [http://www.picasso.com.ar/descripcion\\_festuca.php](http://www.picasso.com.ar/descripcion_festuca.php)
81. POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; L'HUILLIER, P.J. 1987 Intake of pasture by grazing ruminants. *In*: Nicol, A.M. ed. *Livestock feeding on pasture*. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional publication no. 10).
82. \_\_\_\_\_.; THOMPSON, K. F. 1990. Livestock production from pasture. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Pastures; their ecology management*. Auckland, Oxford University. pp. 263-283.
83. PRISTCH, O. M. 1976. Evaluación del potencial productivo de semillas de Trébol blanco en el área de la Estanzuela. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay*. 7: 24-28.
84. RAESIDE, M. C.; FRIEND, M. A.; BEHRENDT, R; LAWSONS, A. R.; CLARK, S. G. 2012. Evaluation of tall fescue (*Festuca arundinacea*) as a forage for sheep in the temperate high-rainfall zone of south-eastern Australia. *Grass and Forage Science*. 67: 411-425.

85. RAYMOND, W. F. 1964. The efficient use of grass. The Proceedings of the Nutrition Society. 23: 54-62.
86. ROVIRA, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 336 p.
87. SALDANHA, S. 2009. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la estructura de una pastura de Lolium perenne cv Horizon. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
88. SANTIÑAQUE, F. 1979. Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
89. \_\_\_\_\_.; CARÁMBULA, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Investigaciones Agronómicas. 2: 16-21.
90. SCHENEITER, O. 2005. Manejo de pasturas de Festuca alta. (en línea). In: Jornada de Campo; Avances en Producción y Manejo de Pasturas (2005, Pergamino, Argentina). Memorias. Pergamino, INTA. s.p. Consultado 30 oct. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/40-manejo\\_festuca.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/40-manejo_festuca.pdf)
91. \_\_\_\_\_.; AMÉNDOLA, C. 2012. Tiller demography in tall fescue (Festuca arundinacea) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing management. Grass and Forage Science. 67 (3): 426-436.
92. SIMON, J.C.; LEMAIRE, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. Grass and Forage Science. 42: 373-380.
93. SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. Crop Science. 35 (1): 4-10.

94. SMETHAM, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. *In*: Langer R.H.M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 210-270.
95. SNAYDON, R.W. 1981. The ecology of grazed pastures. *In*: Morley, F. H. W. ed. Grazing animals. Amsterdam, Elsevier. pp. 13-32.
96. TERRY, R.A; TILLEY, J.M.A. 1964. The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, Lucerne and sainfoin, as measured by in vitro procedure. *Journal of the British Grassland Society*. 19: 363-372.
97. THOMAS, H.; STODDART, J.L. 1990. Leaf senescence. *Annual Review of Plant Physiology*. 31: 83 - 111.
98. TOLEDO, S. rev. 2009. Guía para la presentación de trabajos finales. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. Departamento de Documentación y Biblioteca. 23 p. Consultado 5 may. 2012. Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/files/Guia.pdf>
99. TOTHILL J.; HARGREAVES J.; JONES R. 1978. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. CSIRO. Tropical Agronomy. Technical Memorandum no. 8. 20 p.
100. TURNER, N. C.; BEGG, J.E. 1978. Responses of pasture plant to water deficits. *In*: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 50 -66.
101. ZANONIANI, R.; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. *Cangüé*. no. 25: 5-11.
102. \_\_\_\_\_.; BOGGIANO P.; CADENAZZI M.; SILVEIRA D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. *In*: Reuniao do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos. Desafios e Oportunidades do Bioma Campos Frente à Expansão e Intensificação Agrícola (21ª., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, Embrapa. s.p.

## 9. ANEXOS

### Anexo No.1: Forraje disponible (kg/ha MS)

Forraje disponible invierno-primavera

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disponible	9	0.86	0.71	7.03

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	744316.76	4	186079.19	5.93	0.0565
Bloque	527387.21	2	263693.60	8.40	0.0370
Trat	216929.55	2	108464.78	3.46	0.1343
Error	125514.27	4	31378.57		
Total	869831.03	8			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,15 DMS=257,18733

Error: 31378,5682 gl: 4

Trat	Medias	n	E.E.		
2,17	2313.21	3	102.27	A	
1,52	2558.31	3	102.27	A	B
0,87	2687.58	3	102.27		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,15$ )

Forraje disponible invierno

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disponible	9	0.91	0.81	7.49

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1895136.23	4	473784.06	9.58	0.0251
Bloque	1795278.59	2	897639.29	18.15	0.0099
Trat	99857.65	2	49928.82	1.01	0.4416
Error	197816.93	4	49454.23		
Total	2092953.16	8			

Forraje disponible primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disponible	9	0.86	0.72	14.57

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1781194.00	4	445298.50	6.16	0.0531
Bloque	1482708.50	2	741354.25	10.25	0.0266
Trat	298485.50	2	149242.75	2.06	0.2422
Error	289256.50	4	72314.13		
Total	2070450.50	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=390.43125**

Error: 72314.1250 gl: 4

Trat	Medias	n	E.E.		
0,87	2075.50	3	155.26	A	
1,52	1833.00	3	155.26	A	B
2,17	1630.00	3	155.26		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Análisis de Regresión lineal

Inv-Prim

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Inv-Prim	3	0.97	0.94	29756.25	34.31	31.61

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	Cp	Mallows	VIF
const	2958.13	82.23	1913.33	4002.93	35.97	0.0177			

Dotación -288.46 51.07 -937.41 360.49 -5.65 0.1116 17.45 1.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	70312.50	1	70312.50	31.90	0.1116
Dotaciones	70312.50	1	70312.50	31.90	0.1116
Error	2204.17	1	2204.17		
Total	72516.67	2			

Inv

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Inv	3	0.59	0.18	316406.25	41.40	38.70

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	Cp	Mallows	VIF
const	3283.83	268.13	-123.12	6690.78	12.25	0.0519			
Dotaciones	-199.23	166.54	-2315.36	1916.90	-1.20	0.4433	2.22	1.00	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	33540.50	1	33540.50	1.43	0.4433
Dotaciones	33540.50	1	33540.50	1.43	0.4433
Error	23437.50	1	23437.50		
Total	56978.00	2			

Prim

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Prim	3	0.98	0.97	24806.25	33.77	31.06

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	Cp	Mallows	VIF
const	2457.03	75.08	1503.08	3410.98	32.73	0.0194			
Dotaciones	-359.23	46.63	-951.75	233.29	-7.70	0.0822	31.17	1.00	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	109044.50	1	109044.50	59.34	0.0822
Dotaciones	109044.50	1	109044.50	59.34	0.0822
Error	1837.50	1	1837.50		



Total 110882.00 2

**Anexo No. 2:** Altura del forraje disponible (cm)

Altura disponible invierno-primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt Disp	9	0.56	0.11	14.21

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22.95	4	5.74	1.26	0.4145
Bloque	6.80	2	3.40	0.75	0.5307
Trat	16.16	2	8.08	1.77	0.2812
Error	18.24	4	4.56		
Total	41.19	8			

Altura disponible invierno

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt disp	9	0.85	0.71	9.33

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33.03	4	8.26	5.82	0.0581
Bloque	29.03	2	14.51	10.24	0.0267
Trat	4.00	2	2.00	1.41	0.3437
Error	5.67	4	1.42		
Total	38.70	8			

Altura disponible primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt disp	9	0.62	0.23	18.82

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	77.38	4	19.35	1.60	0.3302
Bloque	33.88	2	16.94	1.40	0.3460
Trat	43.51	2	21.75	1.80	0.2773
Error	48.39	4	12.10		
Total	125.78	8			

**Anexo No. 3:** kg de MS disponible en función de la altura disponible en centrimetros

Análisis de Regresión lineal

Disponible invernal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Kg MS/ha	21	0.79	0.77	1495477.10	357.07	360.20

### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	349.89	462.98	-619.14	1318.91	0.76	0.4591		
Alturas	212.45	25.47	159.14	265.75	8.34	<0.0001	67.16	1.00

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	82005273.10	1	82005273.10	69.58	<0.0001
Alturas	82005273.10	1	82005273.10	69.58	<0.0001
Error	22391350.71	19	1178492.14		
Total	104396623.81	20			

Disponible primaveral

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Kg MS/ha	21	0.64	0.62	721011.16	337.64	340.77

### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	145.02	356.57	-601.29	891.34	0.41	0.6888		
Alturas	96.32	16.75	61.25	131.38	5.75	<0.0001	32.45	1.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15442918.84	1	15442918.84	33.06	<0.0001
Alturas	15442918.84	1	15442918.84	33.06	<0.0001
Error	8876359.73	19	467176.83		
Total	24319278.57	20			

**Anexo No. 4: Forraje remanente (kg/ha MS)**

Forraje remanente invierno-primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Remanente	9	0.40	0.00	20.07

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	136177.65	4	34044.41	0.68	0.6427
Bloque	57934.65	2	28967.33	0.58	0.6028
Trat	78243.00	2	39121.50	0.78	0.5184
Error	201166.08	4	50291.52		
Total	337343.73	8			

Forraje remanente invierno

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Remanente	9	0.44	0.00	29.51

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	644389.54	4	161097.39	0.80	0.5840
Bloque	365824.17	2	182912.08	0.91	0.4737
Trat	278565.38	2	139282.69	0.69	0.5529
Error	807790.95	4	201947.74		
Total	1452180.50	8			

Forraje remanente primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Remanente	9	0.45	0.00	11.58
-----------	---	------	------	-------

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22487.20	4	5621.80	0.83	0.5698
Bloque	4139.12	2	2069.56	0.31	0.7527
Trat	18348.08	2	9174.04	1.35	0.3558
Error	27120.72	4	6780.18		
Total	49607.92	8			

**Anexo No. 5: Altura del forraje remanente (cm)**

Altura del forraje remanente invierno-primavera (cm)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt rem	9	0.61	0.21	21.15

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.90	4	3.22	1.53	0.3446
Bloque	8.52	2	4.26	2.02	0.2470
Trat	4.38	2	2.19	1.04	0.4325
Error	8.42	4	2.10		
Total	21.31	8			

Altura del forraje remanente invierno (cm)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt rem	9	0.42	0.00	28.06

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.13	4	3.78	0.74	0.6134
Bloque	6.51	2	3.26	0.63	0.5770
Trat	8.62	2	4.31	0.84	0.4966
Error	20.58	4	5.14		
Total	35.71	8			

Altura del forraje remanente primavera (cm)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt rem	9	0.77	0.55	19.08

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.09	4	4.02	3.44	0.1293
Bloque	13.01	2	6.50	5.56	0.0699
Trat	3.08	2	1.54	1.32	0.3634
Error	4.68	4	1.17		
Total	20.77	8			

**Anexo No. 6:** kg de MS remanente en función de la altura remanente en centímetros

Análisis de Regresión lineal

Remanente invernal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Kg MS/ha	21	0.70	0.68	919580.56	345.30	348.43

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	Cp	Mallows	VIF
const	-114.39	360.09	-868.07	639.29	-0.32	0.7542			
Alturas	211.00	31.85	144.33	277.66	6.62	<0.000	42.74		1.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29526877.82	1	29526877.82	43.88	<0.0001
Alturas	29526877.82	1	29526877.82	43.88	<0.0001
Error	12784503.13	19	672868.59		
Total	42311380.95	20			

Remanente primaveral

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Kg MS/ha	21	0.66	0.65	953320.04	346.56	349.70

### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-219.95	433.99	-1128.30	688.41	-0.51	0.6181		
Alturas	118.26	19.32	77.83	158.70	6.12	<0.0001	36.65	1.00

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26779368.39	1	26779368.39	37.47	<0.0001
Alturas	26779368.39	1	26779368.39	37.47	<0.0001
Error	13578355.42	19	714650.29		
Total	40357723.81	20			

### **Anexo No. 7: Forraje desaparecido (kg/ha MS)**

Forraje desaparecido promedio

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Desaparecido	9	0.82	0.64	11.67

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	485809.72	4	121452.43	4.54	0.0860
Bloque	450864.16	2	225432.08	8.42	0.0368
Trat	34945.57	2	17472.78	0.65	0.5683
Error	107037.55	4	26759.39		
Total	592847.27	8			

Forraje desaparecido total

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Desaparecido	9	0.41	0.00	12.72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1149450.67	4	287362.67	0.70	0.6313
Bloque	654056.00	2	327028.00	0.80	0.5117
Trat	495394.67	2	247697.33	0.60	0.5904
Error	1643583.33	4	410895.83		
Total	2793034.00	8			

Análisis de Regresión lineal

Forraje desaparecido promedio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Forraje desaparecido	3	0.99	0.98	1521.00	25.39	22.69

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	1580.06	18.59	1343.84	1816.27	84.99	0.0075		
Dotaciones	-116.92	11.55	-263.64	29.80	-10.13	0.0627	52.77	1.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11552.00	1	11552.00	102.53	0.0627
Dotaciones	11552.00	1	11552.00	102.53	0.0627
Error	112.67	1	112.67		
Total	11664.67	2			

Forraje total desaparecido

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Forraje total desaparecido..	3	0.01	0.00	12906056.25	52.53	49.83

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	1916.85	1712.48	-19842.22	23675.93	1.12	0.4642		
Dotaciones	-105.38	1063.66	-13620.43	13409.66	-0.10	0.9371	1.50	1.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo.	9384.50	1	9384.50	0.01	0.9371
Dotaciones	9384.50	1	9384.50	0.01	0.9371
Error	956004.17	1	956004.17		
Total	965388.67	2			

### Anexo No. 8: Porcentaje de utilización

Porcentaje de utilización total del periodo experimental

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Utilización	9	0.62	0.24	12.58

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	249.69	4	62.42	1.62	0.3248
Bloque	246.96	2	123.48	3.21	0.1471
Trat	2.73	2	1.36	0.04	0.9654
Error	153.66	4	38.41		
Total	403.35	8			

Porcentaje de utilización sobre lo producido

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Utilización	9	0.05	0.00	30.70

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	116.77	4	29.19	0.05	0.9922
Bloque	114.75	2	57.37	0.11	0.9007
Trat	2.02	2	1.01	1.9E-03	0.9981
Error	2138.18	4	534.54		
Total	2254.95	8			

### Anexo No. 9: Tasa de crecimiento (kg/ha MS)

Tasa de crecimiento invierno-primavera

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----



TC	9	0.17	0.00	34.16
----	---	------	------	-------

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	154.66	4	38.67	0.20	0.9266
Bloque	73.75	2	36.87	0.19	0.8343
Trat	80.91	2	40.46	0.21	0.8205
Error	777.93	4	194.48		
Total	932.59	8			

Tasa de crecimiento invierno

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TC	9	0.72	0.45	20.14

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	968.36	4	242.09	2.62	0.1866
Bloque	435.08	2	217.54	2.36	0.2108
Trat	533.28	2	266.64	2.89	0.1674
Error	369.32	4	92.33		
Total	1337.69	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=13.95105**

Error: 92.3311 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1,52	58.10	3	5.55	A	
2,17	45.33	3	5.55	A	B
0,87	39.70	3	5.55		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Tasa de crecimiento primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TC	9	0.83	0.66	26.68

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1410.58	4	352.65	4.82	0.0784

Bloque	738.57	2	369.28	5.05	0.0805
Trat	672.02	2	336.01	4.59	0.0920
Error	292.62	4	73.15		
Total	1703.20	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=12.41805**

Error: 73.1544 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
0,87	44.07	3	4.94	A	
1,52	28.00	3	4.94		B
2,17	24.10	3	4.94		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

**Anexo No. 10:** Producción de materia seca

Producción de materia seca invierno-primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Crec Ajustado	9	0.14	0.00	23.17

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1670688.86	4	417672.21	0.16	0.9459
Bloque	240655.27	2	120327.63	0.05	0.9543
Trat	1430033.59	2	715016.80	0.28	0.7687
Error	10172897.88	4	2543224.47		
Total	11843586.74	8			

Producción de materia seca invierno

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Crec Ajustado	9	0.94	0.88	11.62

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17833091.11	4	4458272.78	15.20	0.0110
Bloque	16780400.22	2	8390200.11	28.61	0.0043
Tratamiento	1052690.89	2	526345.44	1.79	0.2778
Error	1173097.11	4	293274.28		

Total 19006188.22 8

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=786.26690**

Error: 293274.2778 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1,52	5122.00	3	312.66	A	
2,17	4555.33	3	312.66	A	B
0,87	4304.33	3	312.66		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Producción de materia seca primavera

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Crec Ajus	9	0.74	0.47	55.92

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17265391.78	4	4316347.94	2.79	0.1720
Bloque	14216027.56	2	7108013.78	4.60	0.0919
Tratamiento	3049364.22	2	1524682.11	0.99	0.4486
Error	6184338.44	4	1546084.61		
Total	23449730.22	8			

**Anexo No. 11:** Composición botánica en el disponible

Proporción de gramíneas en el disponible (%)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Gram (%)	12	0.09	0.00	12.22

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	45.26	2	22.63	0.47	0.6421
Trat	45.26	2	22.63	0.47	0.6421
Error	437.51	9	48.61		
Total	482.77	11			

Proporción de leguminosas en el disponible (%)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leg (%)	12	0.03	0.00	28.71

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.98	2	8.49	0.14	0.8734
Trat	16.98	2	8.49	0.14	0.8734
Error	556.17	9	61.80		
Total	573.15	11			

Proporción de malezas en el disponible (%)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Malezas (%)	12	0.23	0.06	56.03

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23.79	2	11.89	1.36	0.3046
Trat	23.79	2	11.89	1.36	0.3046
Error	78.67	9	8.74		
Total	102.45	11			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=3.28993**

Error: 8.7406 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2,17	6.64	4	1.48	A	
1,52	5.86	4	1.48	A	B
0,87	3.34	4	1.48		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Proporción de restos secos en el disponible (%)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Restos secos (%)	12	1.5E-03	0.00	65.61

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.64	2	0.32	0.01	0.9933

Trat	0.64	2	0.32	0.01	0.9933
Error	424.90	9	47.21		
Total	425.54	11			

Proporción de suelo desnudo en el disponible (%)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Suelo Desnudo (%)	12	0.24	0.08	42.49

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30.58	2	15.29	1.46	0.2831
Trat	30.58	2	15.29	1.46	0.2831
Error	94.49	9	10.50		
Total	125.08	11			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=3.60572

Error: 10.4991 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2,17	9.81	4	1.62	A	
0,87	7.05	4	1.62	A	B
1,52	6.03	4	1.62		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

#### Anexo No. 12: Composición botánica en el remanente

Proporción de gramíneas en el remanente (%)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Gram (%)	12	0.07	0.00	24.44

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	150.67	2	75.33	0.35	0.7160
Trat	150.67	2	75.33	0.35	0.7160
Error	1955.11	9	217.23		
Total	2105.77	11			

Proporción de leguminosas en el remanente (%)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leg (%)	12	0.30	0.14	50.45

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	395.82	2	197.91	1.89	0.2062
Trat	395.82	2	197.91	1.89	0.2062
Error	941.81	9	104.65		
Total	1337.63	11			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=11.38351**

Error: 104.6451 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
0,87	28.20	4	5.11	A	
2,17	17.86	4	5.11	A	B
1,52	14.77	4	5.11		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Proporción de malezas en el remanente (%)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Malezas (%)	12	0.01	0.00	80.31

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.08	2	1.04	0.04	0.9610
Trat	2.08	2	1.04	0.04	0.9610
Error	234.48	9	26.05		
Total	236.56	11			

Proporción de restos secos en el remanente (%)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Restos secos (%)	12	0.14	0.00	40.52

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43.26	2	21.63	0.76	0.4958
Trat	43.26	2	21.63	0.76	0.4958
Error	256.44	9	28.49		
Total	299.70	11			

Proporción de suelo desnudo en el remanente (%)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Suelo Desnudo (%)	12	0.03	0.00	47.01

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.06	2	2.53	0.16	0.8532
Trat	5.06	2	2.53	0.16	0.8532
Error	140.92	9	15.66		
Total	145.98	11			

#### Anexo No. 13: Dinámica de crecimiento aéreo y subterráneo

Número de plantas

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de plantas	9	0.70	0.41	7.41

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	438.80	4	109.70	2.38	0.2110
Bloque	357.04	2	178.52	3.87	0.1161
Trat	81.76	2	40.88	0.89	0.4802
Error	184.54	4	46.13		
Total	623.34	8			

Número de macollos

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de macollos	9	0.45	0.00	21.42

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	517419.82	4	129354.95	0.80	0.5817
Bloque	442359.82	2	221179.91	1.37	0.3516
Trat	75060.00	2	37530.00	0.23	0.8022
Error	644432.69	4	161108.17		
Total	1161852.51	8			

Macollos por planta

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Macollos por planta	9	0.72	0.44	16.79

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	125.13	4	31.28	2.60	0.1885
Bloque	103.08	2	51.54	4.28	0.1013
Trat	22.06	2	11.03	0.92	0.4701
Error	48.11	4	12.03		
Total	173.24	8			

Relación parte aérea/raíz de *Festuca arundinacea*

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
rpa/raíz fest	9	0.98	0.95	7.30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.48	4	0.12	40.69	0.0017
Bloque	0.48	2	0.24	81.32	0.0006
Trat	4.2E-04	2	2.1E-04	0.07	0.9316
Error	0.01	4	2.9E-03		
Total	0.49	8			

Relación parte aérea/raíz de *Trifolium repens*

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
rpa/ raiz tb	9	0.66	0.32	53.24



**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.90	4	0.22	1.96	0.2659
Boque	0.82	2	0.41	3.58	0.1287
Trat	0.08	2	0.04	0.34	0.7328
Error	0.46	4	0.11		
Total	1.36	8			

Relación parte aérea/raíz de *Lotus corniculatus*

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
rpa/raíz lotus	9	0.52	0.05	62.92

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.08	4	0.02	1.10	0.4647
Bloque	0.06	2	0.03	1.70	0.2916
Trat	0.02	2	0.01	0.49	0.6433
Error	0.07	4	0.02		
Total	0.15	8			

Peso radicular para los 3 componentes de la pastura

Festuca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Festuca	9	0.81	0.61	20.18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	252.46	4	63.11	4.14	0.0987
Trat	13.74	2	6.87	0.45	0.6657
Bloques	238.71	2	119.36	7.84	0.0413
Error	60.92	4	15.23		
Total	313.37	8			

Trébol Blanco

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Trébol Blanco 7 0.84 0.52 41.93

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	171.86	4	42.97	2.65	0.2920
Trat	108.58	2	54.29	3.35	0.2297
Bloques	63.28	2	31.64	1.95	0.3385
Error	32.38	2	16.19		
Total	204.24	6			

Lotus

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lotus	7	0.63	0.00	62.61

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	218.64	4	54.66	0.84	0.6074
Trat	162.22	2	81.11	1.24	0.4454
Bloques	56.42	2	28.21	0.43	0.6978
Error	130.30	2	65.15		
Total	348.94	6			

**Anexo No. 14:** Producción animal

Peso inicial (kg)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pesos 12/06/2012	21	0.34	0.27	6.85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7803.13	2	3901.57	4.72	0.0224
Trat	7803.13	2	3901.57	4.72	0.0224
Error	14864.11	18	825.78		
Total	22667.24	20			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=23.89196**

*Error: 825.7837 gl: 18*

Trat	Medias	n	E.E.	
2.00	458.75	4	14.37	A
1.00	414.14	7	10.86	B
3.00	407.50	10	9.09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Peso final (kg)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pesos 5/11/2012	21	0.64	0.60	4.97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	24332.98	2	12166.49	15.74	0.0001
Trat	24332.98	2	12166.49	15.74	0.0001
Error	13916.83	18	773.16		
Total	38249.81	20			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=23.11812**

Error: 773.1571 gl: 18

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
0,87	623.50	4	13.90	A
1,52	562.29	7	10.51	B
2,17	531.40	10	8.79	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Ganancia media diaria (kg/día)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GMD	21	0.37	0.30	17.63

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.29	2	0.15	5.20	0.0165
Trat	0.29	2	0.15	5.20	0.0165
Error	0.51	18	0.03		
Total	0.80	20			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=0.13932**

Error: 0.0281 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0.87	1.16	4	0.08	A
1.52	0.99	7	0.06	B

2.17            0.84        10            0.05                    C  
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Producción de carne (kg/PV/animal)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Producción	21	0.32	0.24	18.38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5505.30	2	2752.65	4.17	0.0324
Trat	5505.30	2	2752.65	4.17	0.0324
Error	11874.51	18	659.69		
Total	17379.81	20			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=21.35454**

Error: 659.6948 gl: 18

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
0,87	164.75	4	12.84	A
1,52	148.14	7	9.71	A
2,17	123.90	10	8.12	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )  
 Producción de carne por hectárea (kg/PV/ha)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Producción	21	0.52	0.46	20.54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	42687.49	2	21343.74	9.58	0.0015
Trat	42687.49	2	21343.74	9.58	0.0015
Error	40083.70	18	2226.87		
Total	82771.19	20			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.15 DMS=39.23433**

Error: 2226.8723 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,17	268.87	10	14.92	A
1,52	220.60	7	17.84	B

0,87                      147.90      4      23.59                      C  
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.15$ )

Análisis de Regresión lineal

### **GMD**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
GMD	21	0.36	0.32	0.03	-12.23	-9.09

### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est. E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	0.64	0.10	0.43	0.86	6.41	<0.0001	
oferta	0.04	0.01	0.01	0.07	3.26	0.0042	11.13

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.29	1	0.29	10.61	0.0042
oferta	0.29	1	0.29	10.61	0.0042
Error	0.52	19	0.03		
Total	0.80	20			

### **Producción (kg/ha)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Produccion (kg/ha)	21	0.51	0.49	2499.63	224.36	227.49

### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	347.12	28.11	288.28	405.96	12.35	<0.0001		
oferta	-15.79	3.53	-23.18	-8.40	-4.47	0.0003	20.04	1.00

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42425.31	1	42425.31	19.99	0.0003
Oferta	42425.31	1	42425.31	19.99	0.0003
Error	40326.55	19	2122.45		
Total	82751.86	20			