

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE PRODUCCIÓN  
PRIMARIA Y SECUNDARIA DE PRADERA DE *Festuca arundinacea***

**por**

**Rodrigo NUÑEZ NEVES**  
**Leandro OHOLEGUY ASTORE**  
**Luis Martín TONEGUZZO BESOZZI**

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

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2021**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. (MSc.) Ramiro Zanoniani

-----  
Ing. Agr. Dr. Pablo Boggiano

-----  
Ing. Agr. María Elena Mailhos

Fecha:

5 de agosto de 2021

Autores:

-----  
Rodrigo Nuñez Neves

-----  
Leandro Oholeguy Astore

-----  
Luis Martín Toneguzzo Besozzi

## AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor el Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani, quien nos dio la posibilidad de realizar esta tesis, por toda la información brindada evacuando dudas rápidamente y la gran disposición a lo largo del trabajo, siempre estando a las órdenes.

A todo el personal de la biblioteca de Facultad, que nos brindaron la información siempre en tiempo y forma, necesaria para llevar a cabo una correcta revisión bibliográfica de la tesis.

A Ángel Colombino, trabajador rural de la EEMAC, quien en varias oportunidades se encargó de hacer el cambio de parcela de los animales y de las pesadas de los mismos. También al Ing. Agr. Felipe Casalás quien nos ayudó a proyectar el trabajo de campo.

Al personal del laboratorio de facultad, por la buena disposición a la hora de utilizar la infraestructura.

A nuestras familias por todo el apoyo brindado durante toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 GENERALIDADES .....	3
2.2 <i>Festuca arundinacea</i> Y SU USO EN EL URUGUAY .....	3
2.3 FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN PASTURAS .....	6
2.3.1 <u>Efecto de la fertilización nitrogenada</u> .....	6
2.3.2 <u>Efecto sobre la producción de forraje y la distribución estacional</u> .....	7
2.3.3 <u>Efecto sobre variables morfológicas</u> .....	8
2.3.3.1 Efecto sobre la tasa de aparición foliar .....	10
2.3.3.2 Efecto sobre la tasa de elongación foliar .....	10
2.3.3.3 Efecto sobre la vida media foliar .....	11
2.3.3.4 Efecto sobre características estructurales.....	11
2.3.3.5 Efecto sobre el tamaño foliar .....	12
2.3.3.6 Efecto sobre la densidad de macollos .....	12
2.3.3.7 Efecto en el número de hojas vivas por macollo .....	13
2.4 EFECTO DEL PASTOREO.....	13
2.4.1 <u>Aspectos generales</u> .....	13
2.4.2 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u> .....	14
2.4.2.1 Intensidad .....	14
2.4.2.2 Frecuencia .....	14
2.4.2.3 Efecto sobre la fisiología de las plantas .....	15
2.4.2.4 Efecto sobre el rebrote .....	15

2.4.2.5 Efecto sobre las raíces.....	15
2.4.2.6 Efecto sobre la utilización del forraje .....	16
2.4.2.7 Efecto sobre la calidad .....	16
2.4.2.8 Efecto sobre la persistencia.....	17
2.4.2.9 Efectos del pastoreo sobre el desempeño animal.....	17
2.5 PRODUCCIÓN ANIMAL .....	18
2.5.1 <u>Aspectos generales de la producción animal en pastoreo</u> .....	18
2.5.1.1 Relación entre consumo, disponibilidad y altura .....	18
2.5.1.2 Relación oferta de forraje y consumo .....	19
2.5.1.3 Valor nutritivo y digestibilidad.....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	22
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	22
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u> .....	22
3.1.2 <u>Información meteorológica</u> .....	22
3.1.3 <u>Descripción del sitio experimental</u> .....	22
3.1.4 <u>Antecedentes del área experimental</u> .....	22
3.1.5 <u>Tratamientos</u> .....	23
3.1.6 <u>Diseño experimental</u> .....	24
3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	24
3.2.1 <u>Mediciones de las principales variables</u> .....	24
3.2.1.1 Forraje disponible y rechazado .....	24
3.2.1.2 Altura del forraje disponible y remanente .....	25
3.2.1.3 Producción de forraje .....	25
3.2.1.4 Materia seca desaparecida.....	25
3.2.1.5 Porcentaje de utilización .....	25
3.2.1.6 Composición botánica.....	25
3.2.1.7 Peso de los animales .....	26
3.2.1.8 Ganancia de peso media diaria .....	26
3.2.1.9 Oferta de forraje .....	26
3.2.1.10 Producción de peso vivo.....	26
3.3 HIPÓTESIS .....	26

3.3.1	<u>Hipótesis biológica</u> .....	26
3.3.2	<u>Hipótesis estadística</u> .....	26
3.4	<u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u> .....	27
3.4.1	<u>Modelo estadístico de producción vegetal</u> .....	27
3.4.2	<u>Modelo estadístico de producción animal</u> .....	27
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	28
4.1	<u>CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO DE EVALUACIÓN</u> .....	28
4.1.1	<u>Precipitaciones</u> .....	28
4.1.2	<u>Temperatura</u> .....	29
4.2	<u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u> .....	29
4.2.1	<u>Forraje disponible</u> .....	30
4.2.2	<u>Forraje remanente</u> .....	32
4.2.3	<u>Forraje desaparecido</u> .....	34
4.2.4	<u>Porcentaje de desaparecido</u> .....	34
4.2.5	<u>Producción de materia seca</u> .....	35
4.2.5.1	Tasa de crecimiento .....	35
4.2.5.2	Producción de forraje .....	36
4.2.5.3	Respuesta al agregado de nitrógeno.....	37
4.2.6	<u>Composición botánica</u> .....	39
4.3	<u>PRODUCCIÓN ANIMAL</u> .....	43
4.3.1	<u>Peso vivo (kg) de los novillos asignados a cada tratamiento</u> .....	43
4.3.2	<u>Ganancia media diaria por animal y producción de peso vivo por hectárea</u> .....	43
4.3.3	<u>Oferta de forraje</u> .....	45
5.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	47
5.1	<u>CONSIDERACIONES FINALES</u> .....	48
6.	<u>RESUMEN</u> .....	49
7.	<u>SUMMARY</u> .....	50
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	51
9.	<u>ANEXOS</u> .....	63

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Floración, susceptibilidad a roya y rendimientos de forraje relativos a Estanzuela Tacuabé.....	5
2. Parámetros de calidad de festuca. Promedio anual .....	6
3. Disponibilidad de forraje en kg/ha de MS de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio .....	30
4. Altura del forraje disponible en cm de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio.....	31
5. Forraje remanente en kg/ha de MS de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio.....	32
6. Altura remanente de forraje en cm de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio.....	32
7. Forraje desaparecido en kg/ha de MS de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio .....	34
8. Porcentaje de utilización del forraje disponible de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio .....	34
9. Tasa de crecimiento del forraje en kg/ha/d de MS de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio .....	35
10. Producción de forraje en kg/ha MS de cada tratamiento para el primer y el segundo pastoreo y promedio .....	36
11. Composición botánica promedio del forraje disponible para cada tratamiento expresado en kg/ha MS.....	40

12.	Composición botánica promedio del forraje remanente para cada tratamiento expresado en kg/ha MS.....	40
13.	Porcentaje de suelo descubierto en el forraje disponible de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio .....	41
14.	Porcentaje de suelo desnudo en el forraje remanente de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio .....	42
15.	Peso vivo inicial, final y carga en kg/ha de PV según tratamiento .....	43
16.	Número de animales por tratamiento, ganancia media diaria (kg/a/d) y producción de carne (kg/ha).....	44
17.	Oferta de forraje (% PV) y carga (kg PV/ha) según tratamiento .....	45

Figura No.

1.	Relación entre variables morfogénicas y las características estructurales de la planta.....	9
2.	Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental.....	24
3.	Registro de las precipitaciones durante el experimento, comparado con el promedio histórico.....	38
4.	Registro de temperaturas medias durante el experimento comparada con la media histórica .....	45
5.	Respuesta al agregado de nitrógeno .....	38
6.	Ganancia media diaria y producción de carne por hectárea en función de la oferta de forraje.....	45

## 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Uruguay se ve fuertemente influenciada por las curvas de producción de forraje del campo natural. La misma tiene un máximo de producción en verano, y luego comienza a disminuir en otoño e invierno. Esto expone a las categorías nuevas a grandes deficiencias tanto en cantidad como en calidad de forraje.

Es por esto por lo que el desarrollo de tecnologías ha cobrado tanta importancia en los últimos años. Las praderas surgen como una herramienta interesante a la hora de buscar soluciones a la falta de forraje en los distintos sistemas.

La utilización de especies anuales como avena y raigrás, para superar la escasez de forraje invernal, puede llegar a quintuplicar los costos frente a especies perennes en términos de materia seca (Scheneiter, citado por Scheneiter y Améndola, 2012).

Uruguay cuenta con 14,1 millones de hectáreas consideradas como área de pastoreo. Un 18,1 % de las mismas son pasturas mejoradas, las cuales incluyen praderas artificiales, campos mejorados, campos fertilizados y cultivos forrajeros anuales (MGAP. DIEA, 2019). De esta forma, se puede apreciar que las mejoras oscilan desde procesos simples y extensivos como pueden ser el agregado de fertilizantes o semillas en cobertura, hasta las mejoras más complejas que se destacan en sistemas más intensivos, donde se reemplaza por completo la vegetación previa para implantar pasturas artificiales.

Según Carámbula (2007a), la producción en el Uruguay puede ser afrontada de diferentes modalidades, dentro de las cuales se destacan 3 alternativas:

- Desde un manejo ajustado y adecuado del campo natural.
- Fertilización e intersiembra de especies (mejoramientos).
- Reemplazo total de la vegetación hacia pasturas sembradas.

De este último punto existen distintas variantes de entre las cuales se destacan:

- Pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas (praderas convencionales, permanentes, plurianuales o de larga vida),
- Leguminosas puras,
- Gramíneas puras con nitrógeno (verdeos o pasturas temporarias o de corta vida).

El nitrógeno es un nutriente fundamental para la buena producción de las pasturas, el agregado de este permite potenciar la producción de materia seca, sobre todo en una pastura de gramíneas, ya que no tienen la capacidad de fijar el nitrógeno biológicamente. A su vez, las bajas temperaturas invernales influyen de tal manera que la mineralización del nitrógeno se ve disminuida, sobre todo en el invierno, tendiendo a aumentar en primavera. Es por ello que la fertilización nitrogenada es una excelente alternativa tecnológica para los inicios de la primavera, lo cual, sumado a un incremento de las temperaturas resulta en una notoria mayor producción de forraje.

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Como objetivo principal del trabajo, se plantea cuantificar la respuesta de una pastura de *Festuca arundinacea* a la fertilización nitrogenada (urea).

A su vez como objetivo secundario se cuantificará la pastura, en cuanto a producción animal en ganancia diaria de peso de novillos Holando, tanto en producción individual como en producción de peso vivo (PV) por hectárea (ha).

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos serán planteados dos.

- Evaluar y comparar la respuesta de una pradera de cuarto año de *Festuca arundinacea* en producción de forraje a las diferentes dosis de nitrógeno.
- Evaluar y comparar la producción de PV, medida en producción individual (kg PV/animal) y en producción de peso vivo por unidad de superficie (kg PV/ha).

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 GENERALIDADES

En Uruguay existe una problemática muy importante a nivel de las explotaciones agropecuarias, a causa de los ciclos cortos de la pradera en la rotación. El alargamiento de los ciclos de las pasturas redundaría en que el déficit forrajero de otoño sea severamente menor y de la misma manera las consecuencias asociadas a esta problemática, como lo son el sobrepastoreo de las pasturas más productivas, subalimentación del rodeo y pérdida de eficiencia en el uso del concentrado (González Barrios, 2010).

Las especies forrajeras perennes disponibles en el mercado confieren una gran fortaleza, la misma radica en la posibilidad de ser pastoreadas en cualquier mes del otoño, a diferencia de los verdes de invierno como avena o raigrás, donde la producción otoñal es altamente dependiente de la fecha de siembra (González Barrios, 2010).

### 2.2 *Festuca arundinacea* Y SU USO EN EL URUGUAY

La festuca es una gramínea perenne, invernada de hábito de crecimiento cespitoso a rizomatoso (Carámbula, 2002a).

Formoso (2010) manifiesta que es, sin lugar a duda, la gramínea perenne invernada más usada en el país. Carámbula (2002a), asegura que, en la región, es una de las gramíneas perennes más importantes que se utilizan, siendo un componente fundamental en la mayoría de las pasturas sembradas.

Según García (2003), es una especie forrajera productiva, con raíces profundas, muy apropiada para suelos pesados fértiles y suelos húmedos. Con respecto a la sequía, tiene una resistencia moderadamente buena y no es muy afectada por las heladas.

Presenta buena precocidad otoñal, rápido rebrote a fines de invierno y floración temprana entre setiembre y octubre (Carámbula, 2002a).

En festuca, el endófito (*Neotyphodium coenophialum*) produce dentro de la planta una serie de alcaloides, dentro de los cuales hay unos que son benéficos y otros que son nocivos. Un ejemplo de los primeros son Peramina y Lolina, estos le confieren a la planta mayor tolerancia a insectos y sequía. Dentro de los nocivos se destacan Ergovalina y Lolitren B por ser perjudiciales para los animales y causar problemas de toxicidad, conocidos como festucosis (Ayala et al., 2010).

En cuanto a la densidad de siembra, en mezcla el rango recomendado por Carámbula (2002a) es de 9 a 12 kg/ha y puro de 10 a 15 kg/ha.

Se establece con lentitud, y, por lo tanto, es vulnerable a la competencia ejercida por otras especies (Langer, 1981). Esta lenta implantación es muy favorecida cuando se siembra en líneas (García, 2003). Carámbula (2007a) sugiere que esto podría deberse a una baja movilización de reservas de la semilla y en consecuencia el crecimiento lento de la raíz. Como consecuencia, la producción de forraje durante el primer año es baja, pero si se maneja de forma adecuada puede persistir muchos años (Langer, 1981).

García (2003) afirma que, por ser una especie perenne y sin latencia estival, produce forraje durante todo el año, y es por ello que en el verano reduce el ingreso de malezas y gramíneas estivales, esto se debe a la competencia que ejerce sobre las mismas.

Carámbula (2002a) destaca a la *Festuca arundinacea* por su excelente persistencia, mientras que Easton et al. (1994), afirman que la persistencia de esta especie es función de la fertilidad del suelo, la tolerancia a la sequía y la intensidad de pastoreo con la cual es pastoreada.

Dicha especie no cuenta con una buena resiembra natural, es por ello que se debe prestar especial atención en cuidar la pastura desde el primer año para lograr la máxima supervivencia de las plantas, sobre todo en verano, debido a que no posee reposo estival ni posibilidad de acumular grandes volúmenes de reservas (Carámbula, 2002a).

En lo que respecta al pastoreo, el mismo puede ser manejado de forma intensa (remanentes de 5 a 7 cm) y frecuente (15 a 18 cm de altura disponible), debido a que las plantas almacenan reservas en raíces y rizomas (Ayala et al., 2010). Al realizar pastoreos relativamente intensos y frecuentes, permite aprovechar el forraje cuando tiene una buena digestibilidad y apetecibilidad, evitando el endurecimiento y la aparición de maciegas (Carámbula, 2002a). Este manejo se puede llevar a cabo gracias a que las plantas luego del pastoreo presentan áreas foliares remanentes con buena capacidad fotosintética y sustancias de reservas en raíces y rizomas cortos (MacKee, citado por Carámbula, 2002a).

Según García (2003), es muy beneficiada con pastoreo rotativo y tolera bien defoliaciones intensas salvo en verano, donde los pastoreos rasantes reducen su producción posterior y persistencia, esto se debe a la mortandad de macollos, que se traducen en pérdidas de materia seca. El número de macollos aumenta en la fase vegetativa durante el período de otoño – invierno, donde los valores máximos se alcanzan a fines de éste, para luego disminuir en la primavera y el verano (Formoso, 1996). Es clave prevenir que la pastura se encañe en períodos primaverales, lo que lleva a una pérdida de calidad y rechazo por los animales (García, 2003).

Los cultivares de *Festuca arundinacea* se pueden clasificar en dos grandes grupos, los mismos son: continentales y mediterráneas. Los primeros mencionados presentan la capacidad de crecer en todas las estaciones del año, son en general de hojas anchas, de hábito de crecimiento intermedio y por lo general tienen mayor producción de materia seca. Un ejemplo de este tipo es el cultivar Estanzuela Tacuabé. Por otra parte, los mediterráneos tienen un alto potencial de crecimiento invernal, pero presentan latencia

estival, lo que implica que no tienen crecimiento (reposan) durante dicha estación, son de hoja más fina y su hábito de crecimiento es erecto. Otra clasificación es según la fecha de floración, la cual determina el patrón de oferta de forraje en cantidad y calidad, así como los requerimientos estacionales de manejo (Ayala et al., 2010).

La festuca INIA Fortuna es un cultivar obtenido en La Estanzuela, a partir de 5 años de selección, en los cuales primó el interés por un cultivar con una buena calidad de forraje, expresado en la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) y fibra detergente neutra (FDN), flexibilidad y sanidad foliar. Pero lo que más destaca a este cultivar sobre los otros, es su calidad.

Tiene floración tardía, la misma se encuentra en torno al 2 de octubre y se da 18 días después que Estanzuela Tacuabé. Esto es muy positivo, ya que como fue explicado con anterioridad, al encañarse, la festuca pierde calidad.

Es una festuca de tipo continental, es decir, produce forraje en todas las estaciones del año y es muy productiva en lo que refiere a materia seca. Tiene rendimientos anuales muy parecidos a los de Estanzuela Tacuabé, pero se destaca por su resistencia a la roya.

Cuadro 1. Floración, susceptibilidad a roya y rendimientos de forraje relativos a Estanzuela Tacuabé (promedio de tres ensayos 2005-2007)

Cultivar	Fecha Floración (DD/MM)	Roya (%)	Rendimiento Relativo (%)			
			1° año	2° año	3° año	Total
Advance	04/10	17	99	86	86	92
INIA Fortuna	02/10	1	98	101	101	101
Vulcan II	06/10	44	85	72	90	79
Estanzuela Tacuabé	13/09	23	100	100	100	100

Fuente: García, citado por Ayala et al. (2010).

La festuca INIA Fortuna sobresale por su calidad si se la compara con Estanzuela Tacuabé, el forraje del primer cultivar tiene en promedio dos unidades más de DMO, menos FDN y más proteína cruda (PC). La excelente calidad de la festuca INIA Fortuna cuenta también con una mayor flexibilidad lo cual implica alta palatabilidad y excelente valor nutritivo.

Cuadro 2. Parámetros de calidad de festuca. Promedio anual (promedio dos ensayos 2006-2007)

Cultivar	DMO (%)	FDN (%)	PC (%)
Vulcan II	69.1	58.5	16.9
INIA Fortuna	70.2	58.3	17.2
Estanzuela Tacuabé	68.3	59.6	16.7
INIA Aurora	68.4	59.5	16.5
Quantum	67.3	59.9	16.7

DMO= digestibilidad de la materia orgánica; FDN= fibra detergente neutra; PC= proteína cruda

Fuente: García, citado por Ayala et al. (2010).

En conclusión, INIA Fortuna es de floración tardía que combina muy bien la alta calidad con los más altos rendimientos de forraje. Esto la vuelve un recurso muy valioso a utilizar en predios donde lo que se busca son forrajes de alto valor nutritivo y con buena producción, como son la lechería o la invernada intensiva.

## 2.3 FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN PASTURAS

### 2.3.1 Efecto de la fertilización nitrogenada

Perdomo et al. (2008) intuyen que el nitrógeno es un nutriente esencial ya que es uno de los constituyentes principales de la pared celular y de la clorofila de los vegetales. Dichos autores señalan que dicho nutriente es, en general, el más influyente en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agropecuaria (en este caso productividad de la pastura). No obstante, Baethgen (1994) asegura que es el elemento que más limita la productividad de los sistemas agrícolas, ganaderos y agrícolas-ganaderos en el mundo. Continuando con esta idea, Chapin, Berendse et al., Tilman, citados por Bemhaja (1994), concuerdan que es la principal limitante en la producción de forraje en la mayoría de los ecosistemas de praderas, pudiendo ser aumentada por encima del 50 % cuando este es corregido.

Carámbula (2007a) afirma que no solo limita la producción de materia seca, sino también influye sobre el contenido de proteína. Lo anteriormente mencionado tiene gran relevancia, ya que cuando un forraje es deficiente de nitrógeno, por medio de las proteínas, es de menor valor nutritivo y el consumo voluntario se ve reducido.

El efecto que genera fertilizar con dicho nutriente en el crecimiento de la pastura se demuestra por la acción que provoca sobre los componentes del área foliar: la longitud de las hojas y la densidad de los macollos (Whitehead 1970, Mazzanti y Lemaire 1994a).

Para *Festuca arundinacea*, Carámbula (2002a) recomienda un importante suministro de nitrógeno, pudiendo ser a través de la fertilización o siembra de leguminosas

asociadas, porque, cuando esta especie se encuentra deficiente de dicho nutriente, modifica su comportamiento: se vuelve amarillenta, tiene menor rebrote, y el forraje se vuelve poco apetecible pudiendo generar rechazo.

Siguiendo con este concepto, García (2003) sostiene que la festuca es exigente y responde bien al agregado. Su vigor en praderas mezclas depende de leguminosas vigorosas que le aportan una cantidad importante de nitrógeno, ya que, si no se torna poco productiva, dura y de poca palatabilidad.

Sardiña et al. (2009) señalan que la fertilización nitrogenada de festuca es una herramienta de gran importancia para incrementar la producción de materia seca. La aplicación de fertilizantes nitrogenados promueve en forma sucesiva distintos procesos. Primeramente, se da la absorción por parte de la planta, seguido y consecuencia de lo anterior, se produce una estimulación del macollaje, que a su vez genera un aumento en el tamaño de las plantas (Ball y Field, 1982).

### 2.3.2 Efecto sobre la producción de forraje y la distribución estacional

En trabajos de Bottaro y Zabala (1973), Díaz-Zorita y Melgar (1997) se especifica que la fertilización nitrogenada surge como una herramienta para lograr una buena distribución de biomasa a lo largo del año, y a su vez más homogénea. Mediante buenos manejos de este nutriente se logra aumentar la producción, en momentos de déficit a lo largo del año.

Tanto la dosis como el momento en que se aplica el fertilizante, influyen sobre la respuesta a la fertilización, estando determinada por la tasa potencial de crecimiento de la pastura, y a su vez, condicionada por su estado y composición botánica (Ayala y Carámbula, 1994).

La incorporación anual de 92 y 44 kg/ha de nitrógeno (N) y fósforo (P) respectivamente, incrementa la producción de forraje con una eficiencia de 7,5 kg de materia seca (MS) por cada kg de nutriente agregado el primer año, y en los dos años siguientes, 22,3 y 23 kg MS/kg de nutriente (Berretta et al., 1998). El efecto del nitrógeno sobre la producción de forraje probablemente hubiese sido mayor en los años siguientes de realizada la fertilización.

Sardiña et al. (2009), afirman que la mayor respuesta al agregado de nitrógeno en *Festuca arundinacea* se obtiene en primavera, esto puede deberse a la menor disponibilidad de dicho nutriente en el suelo en el final del invierno (menor mineralización), temperaturas más apropiadas para el crecimiento respecto a otoño y verano, y al cambio a reproductivo de dicha especie, lo cual incrementa la demanda de nutrientes y aumenta la producción acumulada, ya que en este período ocurre la elongación de los tallos y diferenciación de estructuras reproductivas.

En un experimento realizado, Agnusdei y Di Marco (2010) señalan que las tasas de crecimiento finalizando el invierno y el comienzo de la primavera en festuca

fertilizadas con fósforo, se duplican con el agregado de 50 kg de nitrógeno y triplican con 100 kg. Así es que, la biomasa acumulada llegando al fin de invierno en pasturas fertilizadas con nitrógeno y fósforo puede llegar a los 1500-2000 kg de materia seca por hectárea, ideal para pastoreo. En el caso de no fertilizar con nitrógeno, dicha cantidad de materia seca se logra obtener 20-30 días después, o 40-50 cuando no recibe ningún tipo de fertilización. Este último caso que no agrega nitrógeno, los nitratos que toman las plantas son provenientes de la descomposición de la materia orgánica del suelo, y el crecimiento de la pastura aumenta con el avance de la primavera, donde las temperaturas son mayores e incrementa la mineralización.

Marino y Agnusdei (2007) aseguran que dosis mayores a 125 kg de nitrógeno por hectárea no demuestran ventajas significativas en ningún periodo de los evaluados. Nuevamente se afirma que las fertilizaciones en fines de invierno y principios de primavera, en las condiciones de este experimento, se observan las mayores eficiencias en el uso de los recursos del ambiente y del fertilizante aplicado.

Este nutriente realiza el mayor control en la producción de forraje y cultivos del mundo, dentro de límites impuestos por el clima, el suelo y sistema de producción. Cabe destacar que el nutriente que más requieren las plantas es el nitrógeno, frente a otros nutrientes del suelo. Tanto las gramíneas como también las demás no leguminosas, son casi totalmente dependientes del nitrógeno mineral del suelo, tan es así, que las gramíneas con sus altas demandas de dicho nutriente no le son suficiente lo aportado por el suelo. Con el nitrógeno mineral deben producir proteína y clorofila, realizar macollaje, elongación de la hoja, rebrotar post pastoreo y reproducción (Bemhaja, 1994).

La fertilización nitrogenada genera efectos sobre la producción de forraje y su estacionalidad asociados a la capacidad de promover la producción de materia seca y generar cambios tanto fenológicos como florísticos importantes en la comunidad (Zanoniani, 2009).

### 2.3.3 Efecto sobre variables morfogenéticas

Chapman y Lemaire (1993) definen a la morfogénesis de las plantas como la dinámica de generación (génesis) y expansión de la planta en el espacio (morfos). Continuando con este concepto Silsbury, citado por Lemaire y Agnusdei (2000) interpreta a la morfogénesis de las plantas como una relación entre la tasa de aparición y expansión en tamaño de los nuevos órganos de las plantas con respecto a la tasa de desaparición por senescencia. Un claro ejemplo de esto se puede ver con *Festuca arundinacea* o *Lolium perenne*, donde estas especies producen secuencialmente tejidos foliares como cadena de fitómeros a nivel del tallo, continuando con una serie preprogramada de las etapas de desarrollo, comenzando con la iniciación del primordio como meristema hasta alcanzar la madurez y su posterior senescencia.

Para el caso de pasturas en estado vegetativo, donde solo se da la producción de hojas, la descripción de la morfogénesis se basa en tres características principales: la tasa de aparición foliar (TAF), la tasa de elongación foliar (TEF) y la vida media foliar (VMF). Dichas características, están determinadas genéticamente, aunque son influenciadas por variables del ambiente como temperatura, nutrientes y agua (Lemaire y Chapman, 1996).

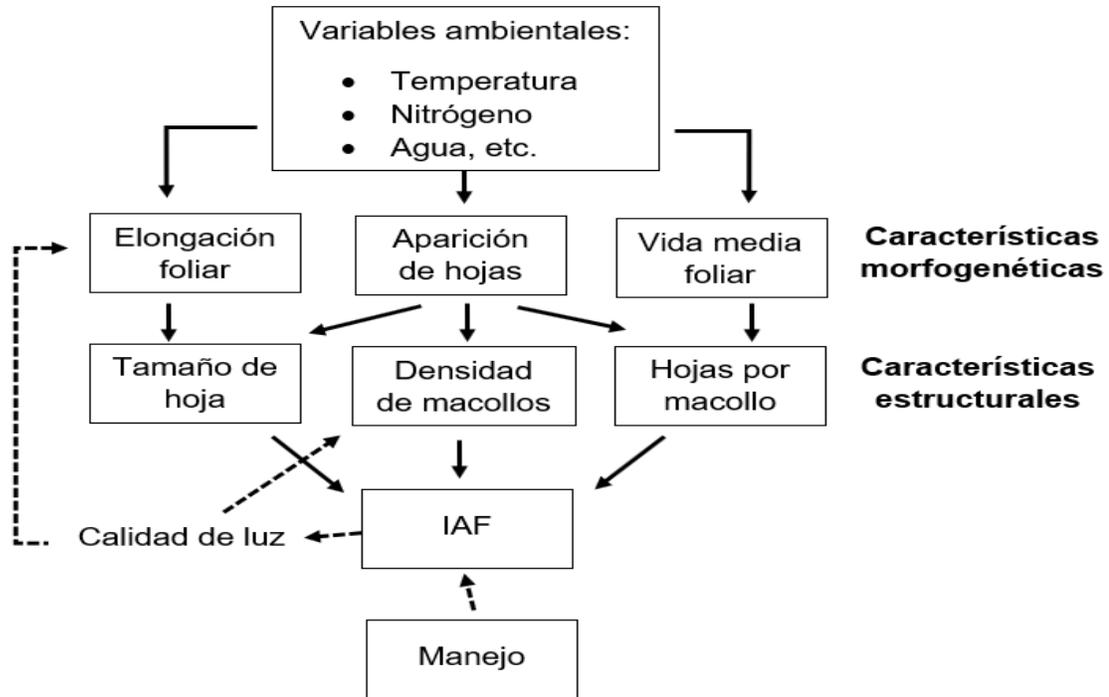


Figura 1. Relación entre variables morfológicas y las características estructurales de la planta

Fuente: Chapman y Lemaire (1993).

Los efectos que produce el nitrógeno sobre las variables morfológicas y estructurales tienen fuerte incidencia en el desarrollo del índice de área foliar. En condiciones naturales de nitrógeno, los cultivos crecidos allí alcanzarán menor expansión foliar y crecimiento aéreo si se lo compara con cultivos que no estén limitados por dicho nutriente (Colabelli et al., 1998). Dichos autores sostienen que, en condiciones severas de déficit de nitrógeno, el número de hojas puede verse perjudicado por un aumento en la tasa de senescencia foliar, ya que el nitrógeno se transloca a zonas de mayor prioridad en la planta.

### 2.3.3.1 Efecto sobre la tasa de aparición foliar

La TAF representa la tasa por la cual son producidas las nuevas hojas en un macollo (Lemaire y Agnusdei, 2000). El filocrón es el tiempo que transcurre entre la iniciación de dos hojas sucesivas, siendo esto lo inverso a la tasa de aparición foliar. Para cierta especie, el filocrón es un parámetro relativamente constante cuando es expresado en tiempo térmico (grados-día), otorgando así una base de escala de tiempo para el estudio de la morfogénesis de las plantas (Chapman y Lemaire, 1993).

La tasa de aparición foliar se torna de gran importancia en el proceso de producción de materia seca (Anslow, citado por Boggiano, 2000), debido a que es la variable morfogenética que más interviene en el desarrollo de las características estructurales de la pastura, donde determina la densidad de macollos e influye sobre la longitud y número de hojas por macollos (Chapman y Lemaire, 1993).

De las variables ambientales, la temperatura es la que más determina la tasa de aparición de las hojas, mientras que la fertilización nitrogenada tiene poco efecto en plantas individuales o en pasturas densas, sobre la tasa de aparición foliar (Whitehead, 1995). En este sentido, Gastal y Lemaire, citados por Mazzanti et al. (1997), han comprobado respuestas nulas o positivas de baja magnitud para esta variable. Sin embargo, se espera que, en situaciones de deficiencias severas de nitrógeno, con la fertilización nitrogenada se aumente la tasa de aparición de hojas en gramíneas forrajeras (Anslow, citado por Mazzanti et al., 1997).

### 2.3.3.2 Efecto sobre la tasa de elongación foliar

La tasa de elongación foliar según Colabelli et al. (1998), se define como el incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo o de suma térmica. También afirman que la principal expresión del crecimiento de una hoja es en definitiva la elongación foliar, dejando así de lado el ancho foliar, que implica variaciones, pero en comparación de menor magnitud que la anterior.

La tasa de elongación de hojas depende en gran medida de la nutrición nitrogenada, como se demuestra en *Festuca arundinacea* por Gastal y Lemaire, citados por Gastal et al. (1992). El nitrógeno tiene la capacidad de aumentar la velocidad de elongación de la hoja casi cuatro veces de esta especie templada entre dos niveles extremos de nutrición. En igual sentido, para *Festuca arundinacea*, trabajos realizados por Mazzanti et al. (1994b), encontraron diferencias significativas en la tasa de elongación, viéndose afectada la producción de forraje por la disponibilidad de nitrógeno. Cuando se compara niveles bajos de nitrógeno con niveles altos (40 kg/ha y 90 kg/ha de nitrógeno, respectivamente), se observó que aumenta entre un 15 y 28 % la tasa en los tratamientos de los niveles altos, viéndose más claramente cuando se comparaban tratamientos con macollos pastoreados y protegidos del diente animal, con diferencias a favor de las protegidas.

En trabajos de Turner y Begg (1978), se concluye que en general el déficit hídrico afecta mucho más la elongación celular, que la propia división celular. Esto trae como resultado reducciones en la tasa de elongación foliar, determinando así un menor tamaño de hojas en cultivos que sufrieron deficiencias hídricas, en comparación a aquellos en que el agua no fue limitante.

El efecto de la nutrición nitrogenada es menor en las gramíneas estoloníferas respecto a las cespitosas, ya que existe competencia por los nutrientes entre dos fuentes de crecimiento activo: el estolón y las hojas (Cruz y Boval, 2000).

Se logra aumentar la tasa de elongación foliar de 0,64 a 1,34 cm/día con la aplicación de 500 kg/ha/año de nitrógeno comparado con cultivos sin agregado del mismo (Wilman y Wright, citados por Azanza et al., 2004). El efecto que genera la fertilización nitrogenada sobre la tasa de elongación podría tener consecuencias en la eficiencia de utilización de los recursos del ambiente.

#### 2.3.3.3 Efecto sobre la vida media foliar

El tiempo que transcurre entre el inicio del rebrote y el comienzo de la senescencia se lo denomina Vida Media Foliar (VMF). Si una pastura es pastoreada antes de cumplido dicho tiempo, los animales se alimentarán de un material verde de calidad, y el remanente servirá para asistir el nuevo rebrote. Para poder definir el periodo máximo que se debería extender el intervalo de rotación es importante conocer cuánto tarda en morir el forraje producido (Agnusdei et al., 2014).

El número de hojas vivas que soporta un macollo promedio de un determinado material genético está definido tanto por la tasa de aparición foliar como también por la vida media foliar (Davies, 1988). La anteriormente mencionada puede ser utilizada para caracterizar las diferentes aptitudes de las especies para la acumulación de hoja verde (Lemaire y Chapman, 1996).

En el caso de *Festuca arundinacea*, la vida media foliar promedio es de 570 grados-día, correspondiendo aproximadamente 2,5 filocronos. Esto quiere decir que se puede acumular como máximo 2,5 hojas totalmente expandidas en cada macollo adulto antes de alcanzar el máximo rendimiento (Lemaire, 1988).

#### 2.3.3.4 Efecto sobre características estructurales

En el crecimiento vegetativo, cuando se combinan las tres características morfogénicas se determina la estructura de la pastura, mediante otras tres variables: tamaño de hoja, número de hojas por macollo y densidad de macollos. Dichas características estructurales son determinantes del índice de área foliar, regulador de la dinámica de rebrote de la pastura mediante la intercepción de luz (Cruz y Boval, 1999).

La fertilización nitrogenada es, sin lugar a duda, una de las más importantes prácticas de manejo determinantes del ritmo de expresión fenotípica de las respuestas

morfogenéticas, interfiriendo con las estructurales. Un experimento en *Festuca arundinacea* con fertilización nitrogenada realizada por McAdam et al. (1989), determinaron un aumento en el porcentaje de células mesófilas en división, más aún que la división celular epidérmica de las hojas.

#### 2.3.3.5 Efecto sobre el tamaño foliar

La relación entre la tasa de aparición foliar y la tasa de elongación foliar determina el tamaño foliar. En un determinado genotipo, la duración del periodo de elongación de una hoja es una fracción constante del intervalo de aparición foliar (Robson, Dale, citados por Lemaire y Chapman, 1996).

#### 2.3.3.6 Efecto sobre la densidad de macollos

Cada hoja de las gramíneas (excepto la hoja bandera) tiene una yema en su axila. Si la disponibilidad de nutrientes es adecuada y la competencia no es severa, la gran mayoría de estas yemas se desarrollan en un macollo. Cuando hay deficiencia de nitrógeno, el desarrollo de los macollos es inhibido, cuando se incrementa el abastecimiento de nitrógeno a las plantas que están creciendo de forma individual, incrementa el número de macollos por plantas (Whitehead, 1995). Continuando con este concepto, Lemaire, citado por Cruz y Boval (2000), afirma que no todas las yemas axilares inducen el desarrollo de un macollo, especialmente en el caso de crecimiento de pastizales bajo condiciones de nitrógeno limitantes.

Según Formoso (2010), las macollas son la unidad básica de producción de materia seca, y tanto su número y condición fisiológica como el vigor de las mismas condiciona la producción de forraje y de semillas.

Fertilizar con nitrógeno usualmente promueve el macollaje. En condiciones donde no haya limitante en la disponibilidad de agua y otros nutrientes, aumentar los niveles de nitrógeno provoca respuestas positivas en el número de macollas por plantas, y a nivel de cubierta vegetal se traduce en aumento de macollas por unidad de superficie (Wilman y Wright, 1983).

Altas aplicaciones de nitrógeno incrementaron el crecimiento de pasturas en un 39 % estimado en kg/ha MS, como consecuencia de incrementarse en un 13 % la tasa de crecimiento por macollo y un 21 % la densidad de macollos (Mazzanti et al., 1994b).

El número y tamaño de macollos es afectado por la oferta de forraje, la intensidad y número de pastoreos, siendo estos valores mayores al disminuir la intensidad de pastoreo, explicado por el menor estrés impuesto a las plantas. Las plantas bajo defoliaciones intensas deben recomponer su aparato foliar a partir de menor área foliar remanente y de meristemas menos diferenciados, lo que determina un mayor costo energético y menor velocidad de crecimiento. Si bien el número de hojas por macollo es

independiente de la presión de pastoreo, el número de láminas totales es mayor a mayor asignación (Saldanha et al., 2008).

Según Davies (1974), la densidad de macollos está parcialmente relacionada con la TAF, y esta determina el número de sitios potenciales para la aparición de macollos. Por esta razón, los genotipos con alta tasa de aparición foliar tienen alto potencial de macollaje y determinan una pastura con una densidad de macollos mayor que aquellos con una baja tasa (Lemaire y Chapman, 1996).

El efecto que la nutrición nitrogenada tiene sobre la densidad de macollos depende del IAF de la pastura. Cuando el IAF es de bajo nivel el nitrógeno tiene un efecto positivo a través de la tasa de aparición de macollos mediante la maximización del llenado de sitios de crecimiento, efecto que no persiste al incrementarse el IAF llevando a altos niveles de extinción de luz con cambios asociados en la calidad de luz lo que inhibe el desarrollo de las yemas axilares en nuevos macollos. Durante periodos prolongados de sombreado llevan también a la muerte de macollos más pequeños y jóvenes llevando a una reducción de la densidad de los macollos (Lemaire, 1997).

#### 2.3.3.7 Efecto en el número de hojas vivas por macollo

Davies (1988), sostiene que las gramíneas forrajeras poseen un máximo número de hojas vivas por macollo (bastante constante dentro de cada genotipo), y una vez alcanzado ese número, por cada hoja que se produce muere la hoja más vieja. El número de hojas por macollo es producto de la tasa de aparición foliar y la vida media foliar (Lemaire y Chapman, 1996), y alcanzado el máximo de hojas empieza a declinar la capacidad fotosintética de la pastura, y, por ende, también la eficiencia de conversión de forraje en ganancia de peso animal (Hunt, Demment y Greenwood, citados por Difante, 2003). Según Lemaire y Chapman (1996), quien determina el rendimiento techo de una pastura es la duración de vida de la hoja y no el máximo número de hojas vivas.

## 2.4 EFECTO DEL PASTOREO

### 2.4.1 Aspectos generales

Según Carámbula (2007a), para la obtención de resultados exitosos en cuanto a altos rendimientos, es imperativo tomar en cuenta tanto la frecuencia como la intensidad, de manera tal que se minimicen las pérdidas de forraje por manejo.

Mediante distintas técnicas de manejo de defoliación, es que se puede incidir de forma positiva en miras de aumentar la producción. Es por esto que aumentando o disminuyendo tanto intensidad como pastoreo, es como se promueven rebrotes y a su vez se evitan pérdidas de forraje por senescencia (Matthews et al., citados por Garduño et al., 2009).

## 2.4.2 Parámetros que definen el pastoreo

### 2.4.2.1 Intensidad

El término intensidad en pasturas, hace referencia al remanente presente, una vez retirados los animales, luego de un pastoreo determinado. De esta manera se ve afectado, tanto el rebrote como la producción total de la pastura a lo largo del tiempo (Carámbula, 2002c). Teniendo en cuenta lo anterior, una defoliación severa, en términos de eficiencia indicaría una correcta cosecha de forraje, pero esto comprometería mucho la producción futura de dicha pastura (Parsons y Penning, 1988).

El remanente de área foliar luego de un pastoreo o corte se determina tanto como por las características fisiológicas (tipo de crecimiento) de la especie, como por la intensidad de defoliación. Comparando gramíneas con leguminosas, estas últimas teniendo en cuenta su disposición de hojas, tienen capacidad de interceptar mayor radiación, y por consiguiente logran recuperaciones más rápidas. De todas maneras, se evidencia que las gramíneas de hábito erecto presentan altos rendimientos con manejos más aliviados, en comparación a leguminosas de hábito postrado, aun teniendo en cuenta que poseen rápido rebrote (Carámbula, 2002b).

La intensidad de pastoreo afecta la tasa de crecimiento de las pasturas, por lo tanto, utilizándose altas cargas, afecta la morfogénesis y estructura de las plantas determinando una reducción de la TC. De lo contrario, a menor carga animal, se genera una mayor acumulación de restos secos afectando negativamente la TC (Lemaire y Chapman, citados por Chilbroste et al., 2005).

La recomendación de Carámbula (2002b), se basa según el crecimiento de la especie, por lo tanto, especies de hábito postrado podrán ser pastoreadas hasta 2,5 cm, mientras que las de hábito erecto entre 5,0 y 7,5 cm de altura foliar remanente. De manera que se incumpla en estas medidas, se estaría comprometiendo tanto la producción en corto plazo, como en el mediano y largo plazo.

### 2.4.2.2 Frecuencia

Piñeiro y Harris (1978), definen la frecuencia como el tiempo transcurrido entre un pastoreo y el siguiente, siendo este uno de los parámetros en determinar la cuantificación del pastoreo.

Cuando el tiempo entre pastoreos es reducido, se compromete tanto el nivel de deposición de reservas, como el peso de las raíces, provocando así un menor rebrote y por lo tanto menor producción. Esto podría desencadenar en una alta susceptibilidad a enfermedades y, por lo tanto, provocaría la muerte de plantas (Formoso, 2000).

Carámbula (2002b) considera que, independientemente de que el intervalo entre dos pastoreos sucesivos depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura, y de la época del año en que se realice, lo que realmente define la longitud del

periodo de elongación, sería la velocidad en que la planta alcance el IAF óptimo. Se entiende por IAF óptimo, como el momento en que la planta, gracias a su arquitectura foliar, puede interceptar el 95% de la radiación incidente.

Trabajos prácticos de investigación de Fernández (1999), evidencian que, aumentando frecuencias de pastoreo, incrementa el porcentaje de utilización de las pasturas y mantiene una mayor y más homogénea calidad del forraje consumido.

#### 2.4.2.3 Efecto sobre la fisiología de las plantas

Simpson y Culvenor, citados por Formoso (1996), afirman que la defoliación provocada por el animal causa una disminución instantánea de la actividad fotosintética y por ende una disminución también del nivel de energía disponible para la planta. Una vez provocado este estrés, la planta en forma de contrarrestar dicho efecto reordena y jerarquiza los distintos procesos, mediante un sistema denominado “central de regulación” (Chapin, citado por Formoso, 1996).

A partir de la defoliación, la planta inicia el rebrote, partiendo de la base de las reservas acumuladas en ARF. De esta manera logra obtener así el objetivo principal, que sería lograr un balance positivo de fijación de energía (Chapin et al., Richards, citados por Formoso, 1996).

#### 2.4.2.4 Efecto sobre el rebote

Davies, citado por Escuder (1997), afirma que el rebrote, luego de una defoliación, es el que va a determinar la producción futura de biomasa. Escuder (1997), indica que el rebrote, está determinado por diversos factores como son: si hay o no eliminación del meristema apical, el nivel de carbohidratos en el rastrojo remanente y el área foliar remanente con la eficiencia fotosintética respectiva.

Colabelli et al. (1998), intuyen que el rebrote está regulado primero que nada genéticamente. Partiendo de esta base, se debería adecuar el manejo del pastoreo a los límites impuestos por características morfológicas de las plantas, que a su vez las mismas presentan diferencias entre especies.

#### 2.4.2.5 Efecto sobre las raíces

En trabajos de Squella y Figueroa (2004), se asegura que tanto el pastoreo o corte de la planta, influye en el crecimiento de las raíces. Una vez defoliada la planta, la misma debe reactivar su metabolismo para reponer un determinado IAF con miras de producir y acumular nuevamente reservas. Es por esto, que el manejo se basaría en dejar un buen remanente que acumule dichas reservas, para poder así lograr evitar el daño a órganos de reservas, como son macollos y puntos de crecimiento.

La defoliación muy intensa puede afectar directamente en las raíces, provocando la muerte de las mismas, principalmente de las secundarias, ya que son aquellas que

poseen menos reservas, y, por ende, estarían más expuestas en ese sentido a desaparecer. De todas maneras, en el caso puntual de *Festuca arundinacea* el poseer órganos de reservas como rizomas (estructuras de almacenamiento) les confiere una buena supervivencia frente a defoliaciones constantes. Pasaría lo contrario con especies que solo poseen macollos, como es el caso del género *Lolium*, *Dactylis* y *Falaris* (Squella y Figueroa, 2004).

#### 2.4.2.6 Efecto sobre la utilización del forraje

En trabajos de Chapman y Lemaire, citados por Brancato et al. (2004), se detalla que la utilización de forraje depende tanto de características estructurales de la pastura, como de la frecuencia y severidad de defoliación. En casos en que los intervalos entre pastoreos superan la vida media foliar, puede haber pérdida de material verde por senescencia, aumentando así la diferencia entre producción primaria y la porción cosechable. Es por esto que la frecuencia, severidad de defoliación y tipo de manejo, interactúa con la morfogénesis y las características estructurales de la pastura para determinar la fracción cosechable de la misma.

Smetham, citado por Escuder (1997), remarca que aumentos en la presión de pastoreo, traen como consecuencia incrementos en eficiencia de cosecha de forraje. Esto resulta en disminuciones en índice de área foliar, y, por lo tanto, habría menor interceptación de luz, lo que concluye en una menor eficiencia de producción.

Como objetivo principal, los sistemas pastoriles se plantean maximizar la producción animal a través de una mayor eficiencia de utilización y un menor desperdicio de forraje. A su vez, el sistema de pastoreo controlado permitiría alcanzar un buen control de la cantidad de forraje ofrecido y llegar a los requerimientos de los animales (Carámbula, 2002c).

Smetham (1981), especifica que, para lograr una buena utilización de forraje, la clave está en el manejo del pastoreo. Con periodos prolongados de pastoreo y altas dotaciones, se obtendrá la máxima utilización de forraje, pero esto no es indicador de que se obtengan altas producciones de animales, y, además, se estaría comprometiendo la producción futura de materia seca.

#### 2.4.2.7 Efecto sobre la calidad

En lo que refiere a la influencia del pastoreo en la calidad de las pasturas, Wade, citado por Escuder (1996) comprobó mediante experimentos, que el aumento de carga en el sistema provocó una caída en el consumo por animal, pero en cuanto a la calidad de dicha pastura, no fue tan afectada en términos relativos.

Carámbula (2007b), asegura que, para realizar un correcto manejo de pasturas en etapas reproductivas, es vital recordar que dicha producción depende de: tallos fértiles y vegetativos, y de la aparición de nuevas macollas y pequeños tallos que van reemplazando

los tallos fértiles, cuando estos son removidos. A su vez, insiste en que sería correcto realizar un balance entre calidad y cantidad. Por lo tanto, lo ideal sería comenzar con el control temprano en la primavera, cuando el animal no puede discriminar entre macollas vegetativas y reproductivas. En caso de lograr dicho cometido, se obtendría un macollaje activo, acompañado de sistemas radiculares profundos y buena calidad de dichas pasturas en los meses de verano. Tomando en cuenta que *Festuca arundinacea* es una gramínea perenne, estas prácticas serían beneficiosas, ya que, en estos casos, no importa tanto la floración, por el contrario, sería ventajoso suprimirla, en comparación con especies anuales, que ocurre lo contrario.

#### 2.4.2.8 Efecto sobre la persistencia

Según Carámbula (1977), la persistencia se relaciona con el comportamiento de la planta en lo que se refiere a aparición y muerte de hojas, al proceso de macollaje y a la formación de raíces. La explicación de la baja persistencia de pasturas en el territorio nacional radica básicamente entre otros factores, de la no inclusión de especies leguminosas en las mezclas, mientras que las gramíneas perennes no difieren mucho su inclusión en espacio y tiempo. Esto trae como resultado la aparición de especies malezas, y muchas veces también, la aparición de especies anuales ordinarias (Carámbula, 2002a).

Hay y Hunt, citados por Carámbula (2002c), mencionan que la persistencia de las pasturas, no se vería afectada, siempre y cuando, se haga el manejo correcto dentro de lo recomendado, sin embargo, existen casos en que factores asociados pueden provocar efectos negativos sobre las pasturas, pudiendo ser estos el pisoteo, pastoreo selectivo, traslado de fertilidad, entre otros.

#### 2.4.2.9 Efectos del pastoreo sobre el desempeño animal

En cuanto al consumo animal, Cangiano (1996) afirma que en la medida que la disponibilidad de forraje es alta, el mismo se ve controlado por la distensión ruminal, y esto varía según la característica del forraje (que tan fibroso sea). Por el contrario, cuando la calidad de forraje es alta, el consumo se ve limitado por factores metabólicos. Cuando la disponibilidad de forraje es baja, el consumo pasa a estar determinado por el peso de bocado, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo. Ocurriría lo mismo en situaciones en las cuales hay alta cantidad de forraje, pero la accesibilidad al mismo es limitante.

En los trabajos de Jagusch (1981), se menciona que un aumento en la carga animal por hectárea estaría provocando un aumento en la productividad por unidad de área. siempre y cuando la producción animal no salga de parámetros razonables.

## 2.5 PRODUCCIÓN ANIMAL

### 2.5.1 Aspectos generales de la producción animal en pastoreo

En los sistemas pastoriles, la producción primaria está constituida por la biomasa de las plantas, la cual representa la oferta de forraje (OF) para la producción secundaria del sistema, la producción animal en el ambiente físico donde crecen las plantas (Nabinger, 1997).

La producción animal depende de la cantidad y calidad, así como también de la eficiencia de utilización del forraje producido, que está relacionado con la proporción de la OF consumida y la digestibilidad (Raymond, 1964).

La principal variable de manejo que afecta el resultado físico-económico en el ecosistema pastoril y en la persistencia de las pasturas sembradas es la carga animal (Mott, citado por Chilbroste et al., 2005). El efecto de la carga animal se la denomina intensidad de pastoreo, y a nivel del predio se la expresa como presión de pastoreo, pudiendo ser manejada por el balance entre tasa de crecimiento, muerte y consumo de forraje provocado por el animal.

Para maximizar la producción animal en los sistemas pastoriles, el consumo generalmente es más importante que la digestibilidad de la materia seca. Crampton et al., citados por Waldo (1986), calcularon una contribución relativa de un 70 % del consumo y 30 % por parte de la digestibilidad, en gramíneas como también en leguminosas.

Según Mott (1960), cuanto menor sea la carga animal en pastoreo, la producción individual de los animales será mayor, y a medida que aumenta la carga, la ganancia individual irá reduciendo progresivamente debido a la menor disponibilidad de forraje para cada animal, convirtiéndose en limitante el consumo e incrementando los costos energéticos de actividad de pastoreo por unidad de forraje consumido. La producción de carne por hectárea será mayor a medida que se aumenta la carga animal dentro de cierto rango, ya que la carga determina relativamente mayores incrementos en la producción que los obtenidos con una menor carga y ganancias individuales muy altas.

La eficiencia de conversión del forraje a carne será máxima cuando el consumo también lo sea. Cuando esto ocurre, se da una relación inversa entre la cosecha de forraje y la conversión a producto animal, ya que si ésta es muy alta puede afectar el consumo por animal disminuyendo considerablemente las ganancias individuales (Escuder, 1996).

#### 2.5.1.1 Relación entre consumo, disponibilidad y altura

La relación existente entre el consumo de materia seca y la cantidad de forraje se expresa gráficamente como una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo (Poppi et al., citados por Cangiano, 1996). Observando la misma, se distingue una parte ascendente, donde la limitante del consumo es a causa de la capacidad de cosecha del

animal (factores no nutricionales). Dicho comportamiento ingestivo abarca la tasa de bocados (bocados por minutos), peso de bocado (gramos) y el tiempo de pastoreo (minutos por día), todo esto siendo afectado por la selección de la dieta y la estructura que posee la pastura. Por su parte, en la parte asintótica de la curva los factores que comienzan a determinar el consumo son de índole nutricional, como la digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos, considerándose la oferta de forraje como no limitante.

Hay variación en la relación entre consumo o ganancia de peso con la oferta de forraje. La altura y densidad de la pastura inciden sobre la facilidad de cosecha del animal, o sea que sobre el peso de bocado y el consumo diario (Poppi et al., citados por Cangiano, 1996).

Según Hodgson (1990), la altura y estructura de las pasturas son las características de mayor impacto sobre la disponibilidad y determinantes del consumo. Para García (1995), la estructura se ve afectada tanto por la proporción y el tipo de especies que se encuentran en el tapiz, el manejo del pastoreo, la edad de la pastura, estación del año y condiciones de fertilidad.

Hodgson y Burlison, citados por Cangiano (1996), afirman que el peso del bocado puede expresarse en términos de volumen (profundidad x área) y la densidad del forraje del horizonte de pastoreo. El peso de bocado es sumamente sensible a la variación de altura de forraje, y frente a una disminución en la altura, tanto el tiempo de pastoreo como la tasa de bocados aumentan para compensar hasta cierto punto, donde la compensación se hace insuficiente para evitar la caída de la tasa de consumo y consumo diario.

La variable del comportamiento ingestivo que mayor impacto tiene sobre el consumo es el peso de bocado, y la característica de mayor influencia sobre este último es la altura de la pastura (Hodgson, citado por Cangiano, 1996).

#### 2.5.1.2 Relación oferta de forraje y consumo

Según Hodgson (1984), la asignación de forraje expresada como kg MS/100 kg PV es uno de los factores más importantes que afecta el consumo en la pastura, y también de los más fáciles de modificar cuando se pretende manejar el pastoreo. La dotación influye directamente en la utilización del forraje y en la vida productiva de la pastura (Cardoso, citado por Almada et al., 2003).

Asignaciones de forrajes de hasta 10 kg MS cada 100 kg PV provoca un aumento en la tasa de consumo de materia seca, por encima de dicho valor no sucede ese comportamiento (Dougherty, citado por Almada et al., 2007). A medida que disminuye la oferta de forraje, hay una reducción en el consumo como resultado de un incremento creciente en la dificultad de pastoreo e ingestión de forraje (Jamieson y Hodgson, 1979).

La producción por animal y por hectárea está determinada principalmente por variaciones de disponibilidad, calidad y valor nutritivo de las pasturas, cuando los factores intrínsecos del animal no sean limitantes (Allegrí, 1982).

Cuando se ofrecen diferentes asignaciones de forraje existen cambios en la calidad de la pastura que consumen los animales dada por la selección (Dalley et al., 1999). Wales et al. (1998), encontraron que con altas asignaciones de forraje, los animales seleccionan dietas con mayor cantidad de proteína cruda y menores niveles de FDN en relación a bajas asignaciones de forraje.

Cuando el forraje está compuesto de hojas de alta calidad y tallos de menor valor nutritivo, al aumentar la presión de pastoreo se puede lograr una mayor eficiencia de cosecha, obligando a los animales a consumir una mayor proporción de tallos en la dieta, generando un efecto negativo sobre la producción. Frasinelli, citado por Escuder (1996), en trabajos realizados en alfalfa, determinó que cuando la oferta de forraje disminuye, fundamentalmente por un menor contenido de hojas, los animales aumentaban el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado, aunque disminuían su peso corporal y el consumo. Chacon y Stobbs, Hodgson, citados por Escuder (1996) encontraron una respuesta similar con otras especies, pudiendo concluir que dicho comportamiento es válido en diferentes tipos de pasturas.

Blaser, citado por Escuder (1996) señaló que, con pastoreo continuo o rotativo, posiblemente se logre alcanzar el máximo consumo potencial para cierta pastura. Los animales que mostraron las mayores ganancias individuales son aquellos que ingresaron primero a la pastura, esto se debe a que la selectividad que pueden realizar es máxima. Aun así, para lograr una buena utilización del forraje y asegurar un rebrote de calidad, se debe continuar pastoreando con un lote de animales cuyos requerimientos sean menores. Realizando pastoreos continuos, inicialmente se logran ganancias individuales altas por una selectividad mayor, pero a medida que el tiempo transcurre, habrá zonas de la pastura donde serán subpastoreadas, comenzando a declinar la calidad por envejecimiento de las hojas, provocando reducción del área de pastoreo y el consumo de los animales. Con el pastoreo rotativo se logra tener más controlada la defoliación, permitiéndole a la pastura un mayor crecimiento y al animal mayor oportunidad de selección a medida que transcurre la estación de pastoreo.

Agustoni et al. (2008), lograron ganancias medias diarias (GMD) cercanos a 1,8 kg/animal/día (kg/a/d), con ofertas de forraje (OF) de 9,5 % del peso vivo. En este caso, la producción de PV fue de 430 kg/ha. No obstante, con ofertas de forraje menores (6 % PV), los novillos obtienen ganancias de 1,5 kg/a/d, aunque la producción por hectárea aumenta.

Almada et al. (2007), obtuvieron ganancias diarias de 1,0; 1,5; 1,7 y 1,7 kg/a/d utilizando ofertas de forraje de 2,0; 4,5; 7,0 y 9,5 % del PV respectivamente, en novillos Holando encontrándose pastoreando una pradera de primer año de vida, cuya composición era de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Por otra parte, las

producciones de PV/ha fueron de 1100, 900, 700 y 500 kg respectivamente con las ofertas de forrajes mencionadas anteriormente.

Fogolino y Fernández (2009), lograron ganancias de 2,1 kg/a/d con una OF del 5,6 % del PV, utilizando novillos Holando en una pradera perenne de primer año. En tanto, la producción de PV fue de 410 kg/ha. Los motivos de estas altas GMD fue la alta eficiencia de la raza Holando y la OF adecuada.

Rovira (2005), con novillos Hereford y cruza Aberdeen Angus de 320 kg promedio, sobre una pradera de segundo año de *Trifolium repens*, *Lolium multiflorum*, *Lotus corniculatus* y *Dactylis glomerata* en el periodo noviembre - enero, obtuvieron GMD de 0,85; 1,1; y 1,0 kg/a/d con OF de 5,0; 9,0; y 15,0 % respectivamente, y producciones de 160, 140 y 100 kg/ha de PV.

### 2.5.1.3 Valor nutritivo y digestibilidad

Van Soest, citado por Arocena y Dighiero (1999), sugiere que el valor nutritivo de una pastura puede ser medido a través del contenido de proteína cruda y/o su digestibilidad, y dichos valores varían a lo largo del año y con la edad de la pastura. No obstante, Hodgson (1990) complementa que la facilidad de digerir los componentes orgánicos e incorporarlos al tejido bacteriano influye sobre el valor nutritivo de dichos componentes. Carámbula (2002c), agrega que es fundamental la ausencia de elementos o sustancias agresivas y tóxicas.

Ganzábal (1997), establece que el forraje de baja calidad aumenta el tiempo de retención en rumen y se enlentece la tasa de pasaje por una pobre actividad ruminal, causando que el rumen se mantenga distendido y el animal deje de consumir. Montossi, citado por De Barbieri et al. (2000), afirman que cuando el forraje es de alta calidad, son los mismos mecanismos fisiológicos los que regulan el consumo, que dependen principalmente de la concentración de energía que posee la dieta.

La selección que realizan los animales al elegir su propia dieta por desiguales asignaciones de forrajes causada por el manejo de la dotación puede explicar las variaciones en la calidad de la dieta (Dalley et al., 1999). Wales et al. (1998) aseveran que el comportamiento de selección se profundiza en manejos de asignaciones altas o con cargas bajas, ya que contiene mayor cantidad de PC y menores niveles de FDN.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

##### 3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se realizó en UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), ubicada en el departamento de Paysandú, Uruguay, sobre la ruta nacional No. 3, Km 363 en el potrero No. 33 (Latitud 32° 22'30,98" S y Longitud 58° 03'46,00" O) durante el período comprendido entre el 9 de julio y el 18 de noviembre en el año 2019, sobre una pradera de festuca de cuarto año.

##### 3.1.2 Información meteorológica

El clima en Uruguay es templado a subtropical (Durán, 1985). Presenta un promedio de precipitaciones de 1200 mm anuales, con una distribución de 30, 28, 18 y 24 % en verano, otoño, invierno y primavera respectivamente. Las temperaturas medias en el país oscilan entre 16 °C en el sureste y 19 °C para el norte. En el mes más cálido, enero, las temperaturas varían entre 22 °C y 27 °C, mientras que, en el mes más frío, julio, las temperaturas oscilan entre 11 °C y 14 °C, para cada región respectivamente.

##### 3.1.3 Descripción del sitio experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976, escala 1:1.000.000) el área experimental se encuentra ubicada sobre la Unidad San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos dominantes son Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosos (limosa). En asociación con estos se encuentran Brunosoles Éutricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz solodizados melánicos de textura franca.

##### 3.1.4 Antecedentes del área experimental

El potrero en el que se llevó a cabo el experimento fue sembrado el 22 de abril de 2016. En ese entonces, la pradera fue sembrada con una mezcla forrajera, integrada por *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium pratense*. El cultivar utilizado para el caso de *Festuca* fue INIA Fortuna a razón de 15 kg/ha, mientras que para lotus y trébol rojo, los cultivares fueron Rigel 8 kg/ha y E116 4 kg/ha respectivamente. En la evaluación previa a realizar el experimento, se observó que de las especies sembradas solo estaba presente la *Festuca arundinacea*, sin presencia de *Lotus corniculatus* y *Trifolium pratense*, por lo cual, se asumió que era una pradera pura de festuca.

El método de siembra empleado para las leguminosas fue al voleo, en cambio para festuca se utilizó la siembra directa en líneas. La emergencia de plántulas ocurrió aproximadamente a los 15 días posteriores a la siembra.

En lo que refiere a la fertilización fueron agregados 120 kg/ha de 7:40:40:0 junto con la siembra. Posteriormente, el 14 de agosto se fertilizó a razón de 100 kg/ha de Urea (46% de N). Las refertilizaciones en el transcurso de los cuatro años fueron similares al empleado en el primero. En el cuarto año fue similar para el caso del nitrógeno, pero no así para el caso del fósforo, ya que se determinó por análisis de suelo, que él mismo estaba en 14 ppm, por lo tanto, no se consideró pertinente la aplicación.

En cuanto al destino de dicha pradera, se la utilizó durante los tres primeros años para la invernada de vacas, efectuando una carga de dos animales por hectárea, mientras que en el cuarto año fue ocupada por novillos con el objetivo de criar y posteriormente invernada dicha categoría. Cabe destacar que se realizó un pastoreo continuo.

### 3.1.5 Tratamientos

El diseño experimental fue de bloques completos al azar (3 Bloques) con 4 tratamientos por bloque, donde los mismos consistieron en 4 niveles de fertilizaciones nitrogenadas diferentes y cargas variables.

1. Fertilización con 0 unidades de N en pradera de *Festuca arundinacea* con 4 novillos por parcela identificados con una piola en la oreja.
2. Fertilización con 50 unidades de N en pradera de *Festuca arundinacea* con 5 novillos identificados con la cola cortada al medio.
3. Fertilización con 75 unidades de N en pradera de *Festuca arundinacea* con 5 novillos por parcela identificados con la cola corta.
4. Fertilización con 100 unidades de N en pradera de *Festuca arundinacea* con 6 novillos por parcela identificados con la cola larga.

La primera fertilización fue el 3 de junio con la mitad de la dosis de tratamiento, en cuanto a la segunda se realizaba una vez finalizado el primer pastoreo dentro de cada bloque con el resto de la dosis.

El experimento fue llevado a cabo en un potrero de 9.6 hectáreas de una pradera de cuarto año, dominada por *Festuca arundinacea*. Cada parcela contaba con 0.8 hectáreas, por lo que cada tratamiento con 2.4 hectáreas y cada bloque con 3.2 hectáreas.

Las praderas fueron pastoreadas con 20 novillos de aproximadamente 18 meses de edad, de la raza Holando, con un peso individual promedio inicial de 463 kg, asignados al azar en los tratamientos. Es importante destacar que el peso inicial de los animales fueron lo más homogéneos posibles, con el fin de comenzar el experimento con un peso inicial similar. Dicho peso fue utilizado como covariable en el análisis estadístico, para corregir las ganancias individuales. La fecha de inicio del primer pastoreo fue el 11/09/2019.

Las dotaciones de los distintos tratamientos fueron las siguientes, Tratamiento 1 con 1,6 novillos/ha; Tratamiento 2 con 2,1 novillos/ha; Tratamiento 3 con 2,1 novillos/ha; Tratamiento 4 con 2,5 novillos/ha.

El método de pastoreo fue rotativo. El criterio de ingreso al primer pastoreo fue una altura mayor a 15 cm. Luego, el cambio de franja fue cuando una de las parcelas registraba un remanente de 5 cm, siempre contemplando que la parcela siguiente contara con un disponible de 15 cm o más. Dentro de cada parcela los animales pastoreaban aproximadamente unos 10 días.

### 3.1.6 Diseño experimental

BLOQUE 1	T1	T2	T3	T4
BLOQUE 2	T3	T4	T1	T2
BLOQUE 3	T2	T1	T4	T3

Figura 2. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental

## 3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología se basó en la cuantificación de la producción de forraje de la pastura, la composición botánica, restos secos, suelo descubierto, % de malezas y la evolución de peso de los animales, obteniendo de esta manera la ganancia diaria de los mismos y la producción en kg de PV/ha en el periodo, en función de los distintos tratamientos.

### 3.2.1 Mediciones de las principales variables

A continuación, se describe el procedimiento utilizado en la medición de cada una de las variables de interés.

#### 3.2.1.1 Forraje disponible y remanente

El forraje disponible es la cantidad de forraje presente al momento de ingreso de los animales a la parcela, y el remanente es el forraje presente luego de que se retiran los animales. Ambas variables son expresadas en kg/ha de MS.

Para estimar el forraje disponible y remanente se utilizó la altura del forraje utilizando un rectángulo de 20 por 50 cm, dentro del cual se midió la altura en 3 puntos sobre una de las diagonales, obteniendo un promedio por rectángulo, para luego cortar a 1 cm de altura aproximadamente. Una vez obtenidas las muestras, fueron colocadas en la estufa durante 48 horas a 60 °C, obteniéndose el peso seco de las mismas. Se cortaron 12 muestras por parcela tanto para forraje disponible como para remanente.

Luego, con el ajuste de una ecuación de regresión entre altura en cm y kg/ha MS se halló el forraje disponible y remanente. El valor de dicho forraje surge de sustituir el valor promedio de la altura (punto 3.2.1.2) en las ecuaciones halladas para cada parcela.

#### 3.2.1.2 Altura del forraje disponible y remanente

La metodología, en este caso, consistió en tomar medidas dentro de cada parcela, colocando el rectángulo de forma sistemática, para posteriormente con una regla determinar la altura en la cual la hoja más alta tocaba la regla (Barthram, 1986). Se realizaron 40 mediciones por parcela. Para la determinación de la altura de cada tratamiento, se hizo un promedio de las 40 mediciones anteriormente mencionadas.

#### 3.2.1.3 Producción de forraje

Para la estimación de la producción de forraje, se procedió a calcular la diferencia medida como kg de materia seca por hectárea, entre el forraje disponible actual y el remanente del pastoreo anterior. Esto sumado al ajuste por tasa de crecimiento de la pastura, considerado en el mismo tiempo de pastoreo (Campbell, 1966).

#### 3.2.1.4 Materia seca desaparecida

Es la cantidad de materia seca desaparecida durante el pastoreo, que se calcula como la diferencia entre los kg de materia seca disponible y el remanente, contemplando los días de pastoreo y la tasa de crecimiento de la pastura durante dicho periodo (Campbell, 1966).

#### 3.2.1.5 Porcentaje de cosecha

Hace referencia al coeficiente entre los kg de materia seca desaparecida sobre los kg de materia seca disponible previo al ingreso de los animales, por lo tanto, se calcula dividiendo la cantidad de forraje desaparecido con relación a la cantidad de forraje disponible.

#### 3.2.1.6 Composición botánica

Proporción de cada fracción (festuca, raigrás, leguminosa, maleza) dentro de la pradera, y para determinarla se utilizó el método de Brown (1954), de estimación de porcentaje de área cubierta. Mediante la apreciación visual y utilizando el rectángulo descrito antes, se estimó el porcentaje en peso de festuca, raigrás, leguminosa, malezas y

restos secos. Los valores se obtuvieron mediante el promedio de las 40 observaciones de cada parcela.

#### 3.2.1.7 Peso de los animales

Para el seguimiento del peso de los animales se procedió a pesar individualmente utilizando una balanza electrónica. Las mediciones de peso se realizaron temprano en la mañana con previo ayuno y restricción de agua. Dichas mediciones se realizaron los días 10/09/2019 y 14/11/2019.

#### 3.2.1.8 Ganancia de peso media diaria

Para la estimación de la ganancia de peso media diaria, se procedió a calcular la diferencia entre el peso final y el peso inicial, para luego dividirlo entre los días que comprende dicho periodo y cuantificar diariamente el incremento de peso por animal.

#### 3.2.1.9 Oferta de forraje

La oferta de forraje se expresa como la cantidad ofrecida en kilos de materia seca por día, expresada como porcentaje de peso vivo.

#### 3.2.1.10 Producción de peso vivo

La producción animal por hectárea se estimó como la diferencia entre el peso vivo final y el inicial de todos los animales que pastoreaban cada tratamiento, y posteriormente llevado a hectárea.

### 3.3 HIPÓTESIS

#### 3.3.1 Hipótesis biológica

- a. La aplicación de nitrógeno permite levantar la limitante de este nutriente en el suelo, dada la baja mineralización del invierno, posibilitando un mayor crecimiento vegetal.
- b. Las mayores tasas de crecimiento permiten mayor disponibilidad de forraje para el animal, lo cual se traducirá en una mayor ganancia individual y por superficie.

#### 3.3.2 Hipótesis estadística

Ho:  $t_1=t_2=t_3=t_4$

Ha: existe al menos un ti diferente

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de varianza (ANAVA) entre bloques y tratamientos se realizó mediante el paquete estadístico INFOSTAT. Para el caso de existir diferencias se estudiaron las mismas mediante análisis comparativo de medias de Tukey con una probabilidad del 10 %.

#### 3.4.1 Modelo estadístico de producción vegetal

El modelo corresponde a un diseño en bloques completos al azar (DBCA).

- $Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \xi_{ij}$

Siendo:

- $i$  (tratamientos)= 1, 2, 3, 4
- $j$  (bloques)= 1, 2, 3
- $Y_{ij}$ : es el valor del  $i$ -ésimo tratamiento y en el  $j$ -ésimo bloque
- $\mu$ : media poblacional
- $t_i$ : efecto del  $i$ -ésimo tratamiento
- $\beta_j$ : efecto del  $j$ -ésimo bloque
- $\xi_{ij}$ : error experimental entre unidades experimentales

#### 3.4.2 Modelo estadístico de producción animal

El modelo corresponde a un diseño completamente al azar (DCA).

- $Y_{i1} = \mu + t_i + \beta_1 + \xi_{i1}$

Siendo:

- $i$  (tratamientos)= 1, 2, 3, 4
- $Y_{i1}$ : es el valor de ganancia individual en el  $i$ -ésimo tratamiento
- $\mu$ : media poblacional
- $t_i$ : efecto del  $i$ -ésimo tratamiento
- $\beta_1$ : covarianza del peso inicial
- $\xi_{i1}$ : error experimental entre unidades experimentales

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO DE EVALUACIÓN

#### 4.1.1 Precipitaciones

A continuación, se presentan los registros de precipitaciones y temperaturas medias del año en el cual se llevó a cabo el trabajo de campo y de la serie histórica entre 2002 y 2018 para la estación experimental Mario A. Cassinoni.

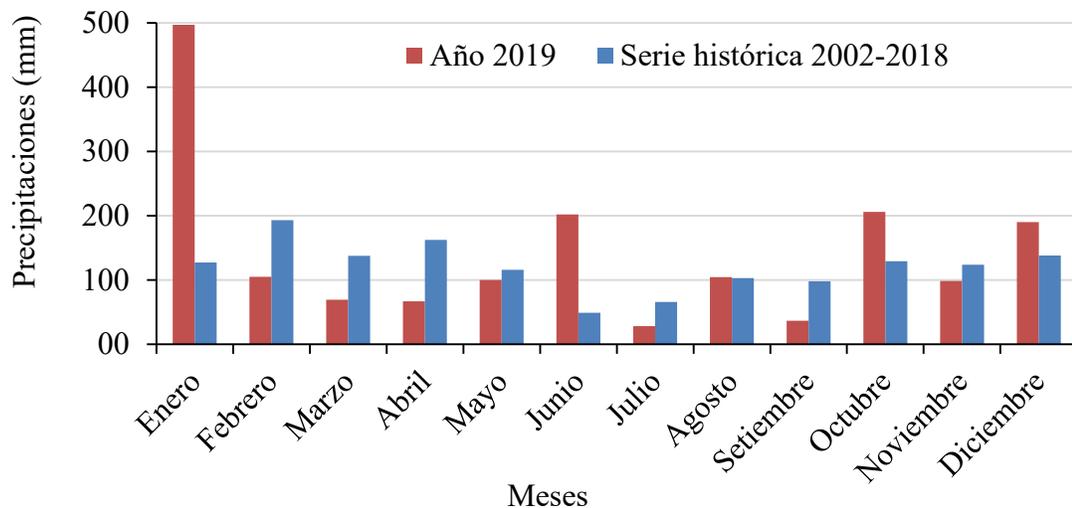


Figura 3. Registro de las precipitaciones durante el experimento, comparado con el promedio histórico

Como se puede observar en el gráfico, hay diferencias entre las precipitaciones promedio del año en estudio y el promedio de la serie histórica. A lo largo del año la misma fue de 300 mm superior si se la compara con la serie histórica. Estas diferencias se acentúan en los meses de enero, junio y octubre por encima de la media. En junio, observando el balance hídrico en el anexo 7, hay un claro exceso hídrico de más de 100 mm, mes en que se realizó la primera fertilización, mostrando así un posible lavado del nitrógeno aplicado. En los restantes meses se registran precipitaciones inferiores y no tan acentuadas, a excepción de octubre que tuvo precipitaciones sensiblemente mayores a la media histórica, donde el balance hídrico indica que también hubo exceso hídrico, mes en el cual se estaba realizando la segunda fertilización. Es importante destacar que los excesos hídricos posteriores a las fertilizaciones pueden haber afectado la respuesta al agregado del fertilizante, haciendo que esta sea menor por un posible lavado.

#### 4.1.2 Temperatura

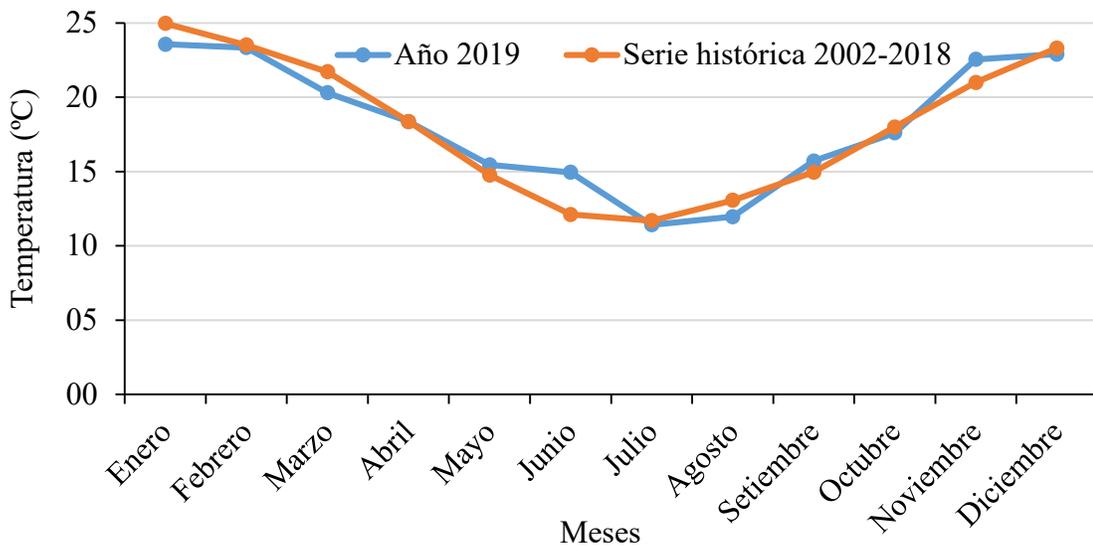


Figura 4. Registro de temperaturas medias durante el experimento comparada con la media histórica

Se observa que a partir del mes de agosto las temperaturas comienzan a incrementarse con respecto a julio, el mes más frío del año. Considerando lo reportado por Carámbula (1977), las especies con metabolismo C3 como *Festuca arundinacea* se desarrollan mejor con temperaturas de 15° a 20° C. Se puede llegar a la conclusión que, durante el período en el que fue llevado a cabo el experimento, la temperatura promedio no fue una limitante para el crecimiento y desarrollo de las pasturas.

Teniendo en cuenta las temperaturas óptimas mencionadas, en el mes de noviembre las mismas se encuentran por encima pudiendo perjudicar el crecimiento de dicha especie, determinando una depresión en la productividad inicial. A su vez, durante el período experimental las producciones se podrían ver afectadas por temperaturas inferiores a los 15 ° C en los meses de junio, julio y agosto.

#### 4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Previo a analizar es importante mencionar cuál fue la oferta de forraje (OF) promedio para cada tratamiento, de forma de facilitar la comprensión de los resultados y poder manejar un lenguaje común con otros trabajos revisados. Una vez finalizado el experimento se calcularon las OF, dicho tema se va a desarrollar más adelante cuando se haga referencia a la oferta de forraje. Estas ofertas promedio fueron para el tratamiento 0, 50, 75, 100 valores de 7,5; 7,6; 6,5; y 5,7 kg MS/100 kg PV respectivamente.

#### 4.2.1 Forraje disponible

A continuación, se muestran los datos obtenidos de disponibilidad de forraje previo al primer pastoreo, segundo pastoreo y en promedio, según los distintos tratamientos, expresado en kg/ha de MS y altura en cm. El primer pastoreo comenzó el 11/9/19 en el bloque 1 y terminó el 23/10/19 en el bloque 3, mientras que el segundo pastoreo comenzó el 23/10/19 en el bloque 1 y finalizó el 18/11/19 en el bloque 3.

Cuadro 3. Disponibilidad de forraje en kg/ha de MS de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamiento	Disponible (kg MS/ha)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
50	1463 a	1631 a	1547 a
0	1267 a	1369 a	1318 a
75	1192 a	1454 a	1323 a
100	1128 a	1451 a	1289 a

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

Se logra observar que no existieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en lo que respecta al forraje disponible para ninguno de los dos pastoreos.

A partir del cuadro se puede afirmar que, a la hora de entrar a la pradera, todos los tratamientos contaban con la misma cantidad de forraje disponible. A su vez, lo mismo ocurre en el segundo pastoreo.

Arenares et al. (2011), con ofertas de forraje cercanas al 7% del PV encontraron disponibles de 1800 kg/ha de MS con 13 cm de altura. Por su parte, Agustoni et al. (2008), con asignaciones entre 4,5 y 7% del PV alcanzaron disponibles cercanos a 1600 kg/ha de MS y 12 cm de altura. Cuando se compara estos datos con las disponibilidades obtenidas en el presente trabajo, se observa que, con ofertas similares, la disponibilidad de materia seca en kg/ha en el primer pastoreo son inferiores y en el segundo pastoreo son similares. En el caso de la altura en cm, la situación es inversa, en el primer pastoreo son similares y en el segundo pastoreo son alturas superiores.

Gallo et al. (2015), obtuvieron disponibilidades cercanas a los 2200 kg/ha de MS y alturas promedio de 15 cm con ofertas de forraje del 7% del PV. Si bien la altura promedio es similar, las disponibilidades del presente trabajo se encontraron por debajo de dicho valor. Esto denota una pradera de baja densidad, ya que es lo único que explica que, a iguales alturas la producción en kg MS/ha sean menores. Esto se explica básicamente por ser una pradera vieja que presenta un forraje poco denso. No se explica por la degradación ya que cuando se analiza la composición botánica, *Festuca arundinacea* abarca un 60% del forraje presente.

Según Ruz y Campillo (1996), García et al. (1999), Carámbula (2002a), el agregado de nitrógeno aumenta la producción de materia seca, siendo probable encontrar una mayor disponibilidad en kg/ha de MS en las parcelas fertilizadas con nitrógeno. Los datos obtenidos en el presente trabajo no serían los esperados, los cuales no coincide con lo anteriormente mencionado.

Por otro lado, a continuación, se presentan los valores de altura disponible para ambos pastoreos.

Cuadro 4. Altura del forraje disponible en cm de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamiento	Altura disponible (cm)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
50	15,1 a	16,8 a	15,9 a
0	13,2 a	14,2 a	13,7 a
75	12,5 a	15,0 a	13,8 a
100	11,8 a	15,0 a	13,4 a

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

Según Zanoniani et al. (2006), interpretan que un manejo adecuado de la frecuencia de pastoreo debería ser de 15 a 20 cm de altura de la pastura al ingreso a pastorear. Por otra parte, Carámbula, citado por Reinoso y Soto (2006), recomienda un ingreso con 25 cm. En el presente trabajo, las alturas previo al pastoreo se encontraron por debajo de lo recomendado en el primer pastoreo. En el segundo, las alturas tampoco se encontraron dentro de lo sugerido, ya que, según este autor para primavera, la altura disponible de entrada debería ser entre 20 a 25 cm.

Del mismo modo que para la cantidad de forraje disponible, en lo que refiere a la altura disponible, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto concuerda con Hodgson (1984), quien afirma que la altura de forraje está directamente relacionada con la cantidad de materia seca disponible. Según Ruz y Campillo (1996), García et al. (1999), Carámbula (2002a), los factores que explican los efectos que tiene la oferta de forraje sobre la disponibilidad, también explican los efectos que tiene sobre la altura, determinando que tanto la altura de forraje como los kg de materia seca aumenten con el agregado de N.

Si bien las alturas disponibles de ambos pastoreos son iguales, el tratamiento con mayor fertilización fue el que tuvo mayor incremento en cm, si se toma en cuenta que el tratamiento de 100 N fue el que presentó menor altura remanente en el primer pastoreo. Esto concuerda con lo afirmado por Gastal y Lemaire, citados por Gastal et al. (1992) quienes sostienen que en *Festuca arundinacea* el N fue capaz de aumentar la velocidad de elongación de la hoja de esta especie templada casi cuatro veces entre dos niveles extremos de nutrición. Siguiendo con esta idea, Lemaire y Chapman (1996) afirman que

el tamaño final de la hoja en las pasturas agrupadas en maciegas sufre un gran aumento como consecuencia de la nutrición nitrogenada.

Esta explicación va de la mano con lo expresado por Cruz y Boval (2000), quienes afirman que la nutrición nitrogenada afecta la expresión de las variables morfogénicas básicas a nivel del macollo de varias maneras, aumentando la tasa de extensión foliar (TEF) y la tasa de macollaje.

#### 4.2.2 Forraje remanente

Para el caso del forraje remanente, la metodología en cuanto a su determinación y estudio fue similar que en el ítem anterior. Por lo cual, está expresado tanto en kg/ha de MS como altura en cm.

Cuadro 5. Forraje remanente en kg/ha de MS de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamientos	Remanente (kg MS/ha)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
0	604 a	606 a	606 a
50	524 a	513 a	519 a
75	518 a	503 a	511 a
100	227 b	268 b	248 b

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

En el cuadro se puede apreciar como entre los tratamientos 0, 50 y 75 no se observan diferencias significativas. Una posible explicación de esto podría ser que la carga animal entre estos 3 tratamientos fuera prácticamente similar y, por ende, no haya diferencias en la cosecha del forraje por parte de los animales.

Es importante destacar que los remanentes del tratamiento de 100 kg de N son significativamente diferentes al resto de los tratamientos, siendo los de este muy bajos. Esto se explica porque, dado que la fertilización fue mayor, se esperaba una mayor producción de forraje y por ende se le asignó una carga mayor. Como esto no sucedió y el disponible de todos los tratamientos fue igual, los animales del tratamiento de 100 unidades de N debieron pastorear más intensamente. Tomando como referencia los trabajos de Arenares et al. (2011), en los cuales con ofertas cercanas al 7% del PV obtuvieron remanentes superiores a los 700 kg/ha de MS, y en el caso de la altura, obtuvieron valores de 6 cm de altura, se podría afirmar que los remanentes de este ensayo fueron menores en todos los tratamientos, aunque el tratamiento de 100 fue significativamente menor. Por otra parte, Almada et al. (2007), con asignaciones del 7% del PV, obtuvieron un remanente de 2400 kg/ha de MS y 9 cm de altura, siendo superior en altura y sensiblemente superior en kg/ha de MS.

Cuadro 6. Altura remanente de forraje en cm de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamiento	Altura remanente (cm)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
0	7,6 a	7,6 a	7,6 a
50	7,0 a	6,9 a	7,0 a
75	7,0 a	6,8 a	6,9 a
100	4,7 b	5,0 b	4,9 b

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

En cuanto a la altura del remanente, siguiendo con la tendencia del cuadro de remanente en kg/ha de MS, se observaron diferencias significativas en ambos pastoreos y en el promedio, para el caso del tratamiento 100, donde la altura del remanente fue significativamente menor que el resto de los tratamientos.

Observando los valores de alturas remanentes, se puede afirmar que se encuentran dentro de los valores recomendados para no comprometer el desempeño posterior de la pastura. Según Carámbula (2007a), para especies de hábito de crecimiento erecto, en este caso *Festuca arundinacea*, la altura recomendada de forraje remanente se encuentra entre 5 y 7,5 cm. Por otro lado, Zanoniani (1999), afirma que, si bien determinar una altura óptima de remanente de pastoreo es difícil, en especies de mayor productividad alturas mayores a 5 cm no estarían limitando la productividad de la pastura. Esto se puede ver reflejado en este trabajo, ya que, si bien sí hubo diferencias en el remanente del primer pastoreo, no las hubo en el disponible del segundo pastoreo, reflejando así que la producción no se vio comprometida y que incluso pudo alcanzar niveles semejantes a los otros tratamientos gracias a una mayor fertilización nitrogenada. Esto va de la mano con lo afirmado por Méndez et al. (2016) en festuca, la fertilización con N en primavera incrementa la producción de forraje únicamente en el rebrote posterior.

Otro aspecto importante por mencionar es que cuando la altura del forraje es 5 cm de promedio no todas las especies están a la misma altura, siendo las leguminosas pastoreadas a una altura menor que las gramíneas. Estas última cuentan con una restricción física que es la vaina, la cual no le permite pastorear al animal por debajo de los 5 cm. Esto se relaciona con lo afirmado por Agnusdei et al. (2014), quienes sostienen que ante un pastoreo muy intenso y pastoreo de vainas hay un efecto en la morfogénesis, estructura y calidad de la pastura durante su desarrollo vegetativo. La reducción de la altura de corte del remanente produce una pastura con mayor número de hojas por macollo, con hojas más cortas y de mayor digestibilidad. Esto permite comprender la razón por la cual el tratamiento de 100 unidades de N tuvo una gran producción de forraje en el segundo pastoreo a pesar del remanente tan bajo.

#### 4.2.3 Forraje desaparecido

En el siguiente cuadro se puede apreciar el forraje desaparecido en cada pastoreo y el promedio de ambos.

Cuadro 7. Forraje desaparecido en kg/ha de MS de cada tratamiento para el primer y segundo pastoreo y en promedio

Tratamiento	Desaparecido (kg MS/ha)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
50	939 a	1118 a	1028 a
100	900 a	1182 a	1041 a
75	675 a	951 ab	813 a
0	663 a	763 b	713 a

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

El forraje desaparecido está determinado por el consumo de los animales, por las pérdidas por pisoteo y senescencia, y también, por la producción de forraje (Almada et al. 2007, Agustoni et al. 2008). En dicho cuadro se puede apreciar cómo, si bien no hay diferencias significativas para el primer pastoreo, sí las hay en el segundo pastoreo donde los tratamientos con mayor fertilización tienen mayor forraje desaparecido, mientras que el tratamiento sin fertilización tuvo un forraje desaparecido significativamente menor. Lo cual podría explicarse por las distintas cargas dentro de los tratamientos, donde este tratamiento fue el que tuvo menor carga por unidad de superficie. El pisoteo, la senescencia y el porcentaje de utilización, serán variables que incidirán en que se arrojen dichos resultados.

#### 4.2.4 Porcentaje de desaparecido

Cuadro 8. Porcentaje de desaparición del forraje disponible de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamiento	Desaparición (%)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
100	79 a	82 a	81 a
50	60 b	69 ab	65 b
75	54 b	64 b	59 b
0	52 b	55 b	54 b

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

El primer análisis que se desprende de dicho cuadro es que el tratamiento de 100 unidades de N presenta mayor porcentaje de cosecha, con diferencias estadísticas al resto de los tratamientos, tanto en el primer pastoreo como en el promedio, pero no así en el

segundo pastoreo, donde el tratamiento 100 se diferencia del tratamiento 0 y 75. Esto básicamente estaría explicado por la carga presente en dicho tratamiento. Como no hubo diferencias en la disponibilidad de forraje entre los tratamientos, pero sí lo hubo en la carga de PV/ha, el tratamiento de 100 unidades de N necesariamente debió someterse a una mayor cosecha del forraje. Almada et al. (2007), trabajando con OF de 2,0; 4,5; 7,0; y 9,5 kg MS/día/100 kg PV obtuvieron cosechas del orden de 80, 70, 55 y 45 % respectivamente. Esto si bien no es estrictamente representativo del experimento, resulta pertinente destacar que se cumple la consigna de que a mayor oferta de forraje hay menos cosecha.

Es de gran importancia realizar un manejo adecuado de la utilización del forraje, ya que de ser bajo, resultaría en una pérdida de forraje, provocando un sistema poco eficiente. Sin perjuicio de lo cual, muy altos porcentajes de utilización, como es el caso del tratamiento 100 unidades de N, tiene como consecuencia un menor remanente y modificaciones en la tasa de crecimiento de la pastura, perjudicándose la producción estacional y/o total de forraje (Bryan et al., Cullen et al., citados por Mattiauda et al., 2009).

#### 4.2.5 Producción de materia seca

##### 4.2.5.1 Tasa de crecimiento

A continuación, se presenta la información acerca de la tasa de crecimiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio.

Cuadro 9. Tasa de crecimiento del forraje en kg/ha/d de MS de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamiento	Tasa crecimiento (kg MS/ha/d)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
100	5,4 a	50,4 a	27,7 a
50	9,6 a	46,5 ab	28,0 a
75	6,7 a	38,0 ab	22,3 a
0	7,4 a	31,4 b	19,3 a

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

Se observa que la tasa de crecimiento en el período del primer pastoreo no presentó diferencias significativas, pero sí la hubo en el segundo pastoreo, donde el tratamiento de agregado de 100 unidades de N fue el de mayor tasa de crecimiento y el de 0 el de menor. Esta diferencia podría estar explicado por dos motivos, en primer lugar, por el efecto residual de la aplicación de fertilizante nitrogenado, y en segundo lugar por el forraje remanente. El efecto positivo que posee dicho nutriente sobre la producción de materia seca es conocido (Carámbula, 2002a). La segunda explicación es que si bien el tratamiento de 100 unidades de N fue quien presentó menor forraje remanente, el mismo

probablemente contaba con mayor capacidad fotosintética, causando así que las tasas de crecimiento sean las mayores, ya que luego de una defoliación, la mayor prioridad apunta hacia maximizar la velocidad de rebrote utilizando eficientemente la energía remanente posterior a la defoliación, coincidiendo con lo expresado por Chapin et al., Richards, citados por Formoso (1996).

Los valores de tasa de crecimiento para el primer pastoreo son menores a los del segundo pastoreo, esto puede deberse a tres factores: la temperatura, donde para el primer pastoreo el forraje acumulado fue aquel que se acumuló en invierno y por ende con temperaturas menores, a diferencia del segundo pastoreo que se encontró en primavera y en consecuencia con temperaturas mayores. A su vez, viendo la gráfica de precipitaciones, se desprende que setiembre fue un mes con bajas precipitaciones, lo que llevó a bajas respuestas en el agregado de nitrógeno, a diferencia de octubre donde se desarrolló el segundo pastoreo y las precipitaciones fueron sensiblemente mayores a la media histórica. El tercer factor es la respuesta al agregado de N, ya que fue agregado antes de comenzar el primer pastoreo. Como fue dicho anteriormente las temperaturas y las precipitaciones durante el primer pastoreo eran menores y la respuesta del agregado de N así lo fueron. El segundo pastoreo fue en primavera, las temperaturas y precipitaciones fueron mayores, por lo que la respuesta del agregado de N creció, aumentando así las tasas de crecimiento de forma significativa, concordando con Sardiña et al. (2009), quienes afirman que la mayor respuesta al agregado de nitrógeno en *Festuca arundinacea* se obtiene en primavera a causa de la menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo por menor mineralización, temperaturas más apropiadas para el crecimiento respecto a otoño y verano, y al cambio a reproductivo de dicha especie, lo cual incrementa la demanda de nutrientes y aumenta la producción acumulada, ya que en este período ocurre la elongación de los tallos y diferenciación de estructuras reproductivas.

#### 4.2.5.2 Producción de forraje

La producción de forraje se determinó como la diferencia entre forraje disponible y remanente del pastoreo anterior, ajustándose por la tasa de crecimiento durante los días de pastoreo.

Cuadro 10. Producción de forraje en kg/ha MS de cada tratamiento para el primer y el segundo pastoreo y promedio

Tratamiento	Producción de forraje (kg MS/ha)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Total
100	515 a	1669 a	2184
50	908 a	1500 ab	2408
75	640 a	1284 ab	1924
0	691 a	1042 b	1733

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

En lo que se refiere a la producción de forraje, se encontraron diferencias significativas en el segundo pastoreo, de acuerdo con lo esperado, ya que sigue la tendencia de la tasa de crecimiento, donde esta última, junto con el forraje disponible son las variables que la determinan. Como se mencionó anteriormente, la tasa de crecimiento también era significativamente mayor para el tratamiento de 100 kg de N, por lo tanto, como se percibe en los trabajos de Pasioura, citado por Marino y Agnusdei (2007), la aplicación de nitrógeno tuvo un efecto positivo en la pastura, reflejado en una mayor expansión foliar, y por lo tanto una mayor captura de radiación. Mazzanti et al. (1994b), también en *Festuca arundinacea*, observaron diferencias significativas en la tasa de elongación foliar, viéndose afectada la producción por la disponibilidad de nitrógeno. Por lo tanto, la respuesta sería acorde a lo esperado, a mayor tasa de crecimiento, mayor producción de forraje.

Como fue expresado anteriormente, el remanente para el caso del tratamiento de 100 kg de N es significativamente menor, lo que da la pauta de un bajo forraje disponible pero seguramente lo que sucede es que ese remanente es de mayor calidad fotosintética, lo que permite explicar que tenga las mayores respuestas. Esto podría verse explicado por los trabajos de Carámbula (2002b) en los que describe que la planta alcanza su fotosíntesis óptima al momento que intercepta un 95% de la radiación incidente, esto podría suceder en situaciones similares a las aquí presentes, en que las plantas gracias al pastoreo logran nuevamente interceptar luz.

#### 4.2.5.3 Respuesta al agregado de nitrógeno

La gráfica presentada a continuación muestra la producción de forraje (kg MS/ha) en función de la fertilización nitrogenada (kg/ha de N), la cual demuestra que en el experimento sí hubo respuesta a la fertilización.

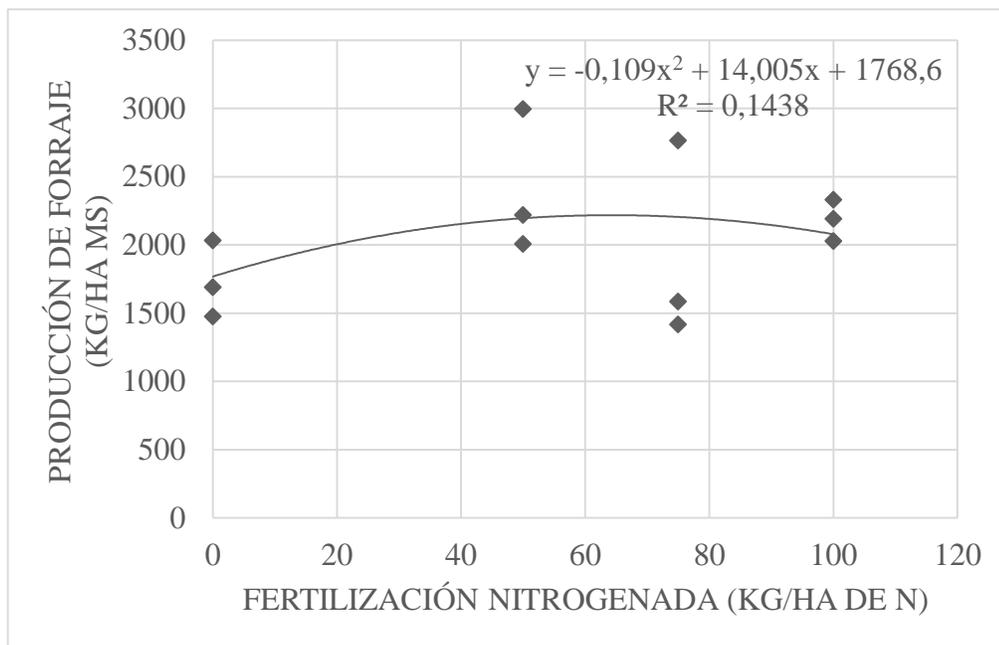


Figura 5. Respuesta al agregado de nitrógeno

Como se puede ver en el gráfico, el  $R^2$  es bajo. Esto, en definitiva, lo que explica es que, de la producción total de biomasa, solo el 15% está explicado por el agregado de este nutriente. El resto se explica por otros factores, los cuales no se estudiaron. La probabilidad de regresión indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos con un p-valor de 0,092, siendo menor a 0,1 como se observa en el anexo 6.

En dicho experimento se logró una respuesta 13,5, 2,5 y 4,5 kg de MS por cada unidad extra agregada de N para los tratamientos 50, 75 y 100 kg de N respectivamente. Dichos valores se desprenden de la diferencia de producción de forraje de cada tratamiento comparada con el testigo, 0 unidades de N. Esta diferencia dividida por los kilos de N arroja la respuesta kg MS/ kg de N.

Lo que se puede apreciar es que, la máxima respuesta se logró con 50 unidades de N, seguida por la de 100 unidades de N, mientras que la que tuvo menor respuesta fue la que se agregaron 75 kg de N. Si bien hubo respuestas al agregado del fertilizante, estas fueron muy bajas comparándolas con los datos presentados por Ruz y Campillo (1996), en sus trabajos detectaron eficiencias de uso de N del orden de 18 kg MS/kg N en pasturas de gramíneas perennes. Por otra parte, Ruz y Jahn, citados por Ruz y Campillo (1996), encontraron eficiencias que fluctuaron entorno a los 3 y 26 kg MS kg/ kg N. Asimismo, Rivas (2008) afirma que las respuestas fueron desde 25 a 30 kg MS/kg N demostrando así una alta eficiencia de utilización del fertilizante. Dumont et al., citados por Ruz y Campillo (1996), en un estudio en Chile, en praderas de gramíneas perennes, evaluaron la respuesta a la aplicación de dosis de N crecientes hasta los 200 kg/ha/año. Se demostró que existe

un aumento lineal en la producción de materia seca hasta los 200 kg/ha de N, con una respuesta de 18 kg de MS por kg de N.

Por otra parte, la respuesta lograda para 50 unidades de N es muy parecida a las logradas por Formoso (2010), quien calculó las respuestas promedio estacionales, en períodos de 90 días, a la aplicación de N en festuca. Dichas respuestas fueron máximas en otoño, 14 kg MS/kg N, similares en primavera y verano, 12,8 y 12,6 kg MS/kg N respectivamente, y las menores se encontraron en invierno con 8,2 kg MS/kg N.

#### 4.2.6 Composición botánica

Parece importante recordar que el ensayo fue realizado en una pradera de cuarto año, por lo cual las especies implantadas o especies espontáneas de interés forrajero, a partir de este momento, tienden teóricamente a ser cada vez menores en porcentaje sobre el total de especies presentes en el tapiz.

De todas maneras, como se observa en los cuadros 1 y 2 del anexo 1 en todos los casos la contribución de *Festuca arundinacea* estaba en el entorno de un 60% sin diferencias significativas entre tratamientos antes de fertilizar, motivo por el cual se tomó la decisión de hacerlo. De todas maneras, se evidencia una clara presencia de malezas y restos secos, característica de una pradera de cuarto año. A su vez, los porcentajes tanto de malezas como de restos secos denotan una pastura poco pastoreada. Esto podría influir en la respuesta al agregado de N, ya que hay menor ocupación de especies de valor forrajero que puedan capitalizar el agregado de este nutriente.

Es indudable que, del forraje disponible, *Festuca arundinacea* es la especie que contribuye en mayor cantidad en kg/ha de MS. Esto va de la mano con lo afirmado por Formoso (2010) quien sostiene que una pradera mezcla de *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* a partir del tercer año comienza a tornarse en un festucal, donde esta especie es la que predomina y coloniza el tapiz. Sin perjuicio de lo cual, era de esperarse una mayor contribución de esta especie, tomando como referencia las producciones para este año en su cuarto año.

El siguiente cuadro muestra los kilogramos de los componentes botánicos en el forraje disponible para los 4 tratamientos.

Cuadro 11. Composición botánica promedio del forraje disponible para cada tratamiento expresado en kg/ha MS

Tratamientos	<i>Festuca arundinacea</i>	Leguminosas	Raigrás	Malezas	Restos secos
50	972,6 a	45,9 a	259,4 a	103,2 a	94,8 a
0	808,0 ab	29,2 a	238,0 a	99,6 a	143,1 a
100	731,1 ab	66,3 a	292,9 a	99,2 a	115,0 a
75	666,6 b	75,1 a	360,4 a	100,0 a	121,0 a

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

En lo que se refiere a la composición botánica pero cuantificada en kg/ha de MS, se observó que el tratamiento de 50 kg de N fue significativamente diferente con relación a los otros. Esto da la pauta de que hubo respuesta al agregado de N de tal forma que, si bien la contribución de *Festuca arundinacea* no varió en porcentaje, sí lo hizo en kg/ha de MS, explicado en este caso por ese agregado de N.

El siguiente cuadro al igual que el anterior, refleja la composición botánica, pero en este caso del forraje remanente.

Cuadro 12. Composición botánica promedio del forraje remanente para cada tratamiento expresado en kg/ha MS

Tratamientos	<i>Festuca arundinacea</i>	Leguminosas	Raigrás	Malezas	Restos secos
0	376,8 a	4,3 b	76,3 a	44,5 ab	103,3 a
50	323,0 a	8,2 ab	80,6 a	36,3 ab	70,5 ab
75	289,9 a	10,3 ab	66,9 ab	59,4 a	84,0 a
100	127,1 b	16,9 a	31,8 b	27,1 b	45,0 b

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

Posteriormente se analizará la producción de carne dentro de las parcelas, pero parece pertinente hacer mención, que, a la hora de evaluar el remanente del tratamiento de 100 kg de N, el mismo es el que cuenta con menor cantidad de *Festuca arundinacea*, esto podría estar explicado por la carga presente en dicha parcela, ya que era en la que se encontraban mayor número de animales, mostrando un posible sobrepastoreo de esta especie. Se debe tener en cuenta que las leguminosas podrían presentar mejores características de adaptación al pastoreo como lo expresa Carámbula (2002c), como el caso de *Trifolium repens*, lo que, por consiguiente, se adapta mejor al pastoreo intenso que la *Festuca arundinacea*. Lo que llevaría a concluir que se ve beneficiado por la aplicación de N y a su vez se adapta mejor al pastoreo intenso que la *Festuca arundinacea*.

Otra información que resulta interesante de observar es la proporción de leguminosas dentro del tratamiento fertilizado con 100 kg de N en comparación al 0. La mayor proporción del tratamiento 100 se puede explicar por lo expresado por García (1995), Morón (1996), quienes expresan que el nitrógeno mineral en el suelo regula la FBN, explicado por los requerimientos energéticos de los diferentes procesos de obtención de nitrógeno. La absorción de este nutriente tiene menor demanda de energía para la planta, si se compara con lo que requieren las bacterias para reducir en N atmosférico. En el caso de una alta disponibilidad de nitrógeno en el suelo, puede verse reducida e incluso inhibida la acción de la nitrogenasa. Esto se podría esperar, ya que en el corto plazo la leguminosa se ve beneficiada por la disponibilidad de N sin tener que realizar la FBN, y por lo tanto es más eficiente en el corto plazo.

Para entender la dinámica de la pastura en la totalidad de años, resulta pertinente tener en cuenta la proporción de suelo que no es ocupada por ninguna especie, tanto productiva como también aquellas que no son de interés productivo. De esta forma se podrían entender procesos de erosión y compactación de suelo que podrían estar afectando producciones a mediano y largo plazo.

Cuadro 13. Porcentaje de suelo descubierto en el forraje disponible de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamiento	Suelo descubierto en el forraje disponible (%)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
0	3,7 a	8,7 a	6,0 a
50	4,0 a	6,0 a	4,7 a
75	5,7 a	7,7 a	6,7 a
100	4,7 a	7,7 a	6,3 a

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

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ningún pastoreo, siendo el promedio del primer pastoreo 4,5% y el segundo pastoreo 7,5%.

Lo primero que se desprende del cuadro y hay que destacar, es que los porcentajes de suelo descubierto son relativamente bajos para una pradera de cuarto año. Se podría afirmar en este caso que los valores de suelo descubiertos son bastante aceptables. Teniendo en cuenta una mezcla presentada por Agustoni et al. (2008) de raigrás perenne, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de segundo año, en el que los valores suelo descubierto, estaban por debajo de un 10%.

Si bien en el cuadro no se observan diferencias significativas dentro de los tratamientos, sí se puede apreciar que entre el primer y segundo pastoreo hay un aumento considerable de la proporción de suelo descubierto. Esto podría estar explicado, entre otras

cosas, por la actividad del pastoreo propiamente dicha. En el sentido que el animal recorre en busca de distintas zonas más apetecibles, genera un efecto negativo al caminar en la misma provocando la muerte de plantas.

Cuadro 14. Porcentaje de suelo descubierto en el forraje remanente de cada tratamiento para el primer pastoreo, el segundo y en promedio

Tratamiento	Suelo descubierto en el forraje remanente (%)		
	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
0	4,7 a	7,1 a	5,9 a
50	4,9 ab	7,8 a	6,4 a
75	9,4 bc	6,8 a	8,1 a
100	10,8 c	15,6 a	13,2 a

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

Lo primero que se desprende del cuadro es que el porcentaje de suelo descubierto para el remanente del primer pastoreo es que se hallaron diferencias significativas, donde el tratamiento 100 fue significativamente mayor que el tratamiento de 0 unidades de N. En el segundo pastoreo la tendencia se mantiene, el tratamiento de 100 unidades de nitrógeno es el que tiene mayor suelo descubierto, pero las diferencias no son significativas. Esto se explica por un alto coeficiente de variación, el cual fue de 63%. Esto explica la gran variabilidad de los datos, donde algunas mediciones arrojaron porcentajes muy altos de suelo descubierto y otras muy bajos.

Los resultados planteados están acordes a lo esperado según Gallo et al. (2015), ya que, en los mismos plantean que pasturas de dichas características se aproximan a valores en el entorno de 7% de suelo descubierto. Es de esperarse que el porcentaje de suelo descubierto en una pastura luego de ser pastoreada sea mayor al porcentaje que había previo al pastoreo. Esto se debe a que en el estrato superior del tapiz el suelo descubierto es normalmente cubierto por hojas de otras plantas, que con el crecimiento van ocupando más lugar. Durante el pastoreo, los animales se alimentan de las hojas de las plantas, reduciendo así el área foliar de cada una y dando lugar a la apreciación del suelo desnudo.

De la información planteada se puede extraer que la cantidad de suelo descubierto es significativamente mayor para el tratamiento de 100 kg de N. Esto no coincide con lo afirmado por Ball y Field (1982), que afirman que con el agregado de nitrógeno la planta lo absorbe, se estimula el macollaje, y como consecuencia, se genera mayor recubrimiento del suelo.

De todas maneras, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, resulta interesante ver como se presentaron diferencias significativas en el remanente, pero estas no se reflejaron posteriormente en el forraje disponible. Es decir, el tratamiento de mayor

agregado de nitrógeno tenía el mayor porcentaje de suelo descubierto, pero todos tenían la misma cantidad de forraje disponible. Dicha situación puede estar explicada por un aumento del macollaje y un mayor peso de los macollos, lo que se tradujo en mayor producción de hojas. Esto está fuertemente influenciado por dos factores: a mayor proporción de suelo desnudo, mayor relación R/RL y en consecuencia mayor macollaje. A su vez, el nitrógeno es gran responsable, ya que según Sardiña et al. (2009), la fertilización con dicho nutriente en festuca es una herramienta de gran importancia para incrementar la producción de forraje.

### 4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL

En los siguientes puntos se presentan los resultados de producción animal tanto en producción individual como en producción por hectárea de los diferentes tratamientos.

#### 4.3.1 Peso vivo (kg) de los novillos asignados a cada tratamiento

En el siguiente cuadro se muestran los datos de los distintos pesos de los animales y las cargas promedio.

Cuadro 15. Peso vivo inicial, final y carga (promedio del período) en kg/ha de PV según tratamiento

Tratamiento	Peso vivo inicial (kg)	Peso vivo final (kg)	Carga kg PV/ha
0	464	573	864
50	457	581	1081
75	462	567	1071
100	471	567	1298

En el experimento, se manejaron diferente número de animales por unidad de superficie, donde, conforme la fertilización aumentaba, también lo hacía el número de animales por parcela (carga kg PV/ha), dado que se esperaba un aumento de la producción de forraje con el agregado de nitrógeno.

En el cuadro se puede ver como los pesos son relativamente iguales, pero no así la carga animal por unidad de superficie, esto se debe a la diferencia de número de animales por parcela que fue previamente explicado.

#### 4.3.2 Ganancia media diaria por animal y producción de peso vivo por hectárea

Para mostrar las ganancias de peso obtenidas en los distintos tratamientos se diagramó un cuadro en el que muestra la ganancia diaria obtenida en el periodo

septiembre- noviembre, para los cuales se tomó el peso inicial en septiembre y final en noviembre con el objetivo de estimar el peso inicial y final respectivamente.

Cuadro 16. Número de animales por tratamiento, ganancia media diaria (kg/a/d) y producción de carne (kg/ha)

Tratamiento	Número de animales	Ganancia media diaria (kg/a/d)	Producción de carne (kg/ha)
0	4	1,7 ab	181
50	5	1,9 a	257
75	5	1,6 ab	219
100	6	1,5 b	241

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

A partir del cuadro se puede observar, con lo que respecta a la ganancia diaria individual, que hay diferencias significativas entre el tratamiento 50 kg de N con el de 100, siendo la de este último menor. Esto no estaría de acuerdo con lo mostrado por Scheneiter y Bertín (2005), que el agregado de N aumenta la disponibilidad de forraje a fin de otoño y principios de invierno, permitiendo tolerar mayor carga animal sin afectar la ganancia individual, pero en este caso, con mayor fertilización la ganancia diaria es menor. La explicación a esto hace referencia a que se la sometió a una mayor carga, por lo que la performance individual se vio afectada significativamente. La producción de carne en kg/ha del tratamiento 100 fue buena, pero no alcanzó el nivel del tratamiento con 50 kg/ha. Este último, obtuvo la máxima ganancia media diaria y mayor producción de carne por hectárea.

Según Agustoni et al. (2008), con asignaciones dentro del rango de 5,6 – 6,8% del PV de oferta, se combina una adecuada ganancia por animal (1,5 - 1,6 kg animal-1día-1) y por hectárea (530 – 500 kg/ha) con un aceptable comportamiento de la pastura, sin poner en riesgo la persistencia de esta. En base a estos datos se puede observar que las ganancias diarias por animal fueron altas, aunque la producción de carne por unidad de superficie no fue igual de alta, pero esto se debe a que el período de evaluación en el presente trabajo fue menos extenso al del anteriormente citado.

Entre otras cosas, se observó que el forraje disponible de *Festuca arundinacea* en kg/ha MS del tratamiento de 50 kg N era significativamente mayor, por lo tanto, se asumirá que el forraje allí presente, teniendo en cuenta todas las especies muestreadas, sería el de mejor calidad. A su vez esto se enfatiza ya que la oferta de forraje en dicho tratamiento es la mayor (7,6%). Esto, entre otras cosas, es lo que podría estar explicando los buenos resultados obtenidos en este tratamiento, teniendo en cuenta el trabajo realizado por Zanoniani (2010), en el que se obtienen producción de carne de 600 kg/ha/año. Cabe destacar que en el presente trabajo se obtuvo una producción de carne que superó los 250 kg/ha en tres meses.

Mott (1960) afirma que cuanto menor sea la carga animal en pastoreo, la producción individual de los animales será mayor, y a medida que aumenta la carga, la ganancia individual irá reduciendo progresivamente debido a la menor disponibilidad de forraje para cada animal. La producción de carne por hectárea será mayor a medida que se aumenta la carga animal dentro de cierto rango, ya que la carga determina relativamente mayores incrementos en la producción que los obtenidos con una menor carga y ganancias individuales muy altas.

#### 4.3.3 Oferta de forraje

En el siguiente cuadro se presenta el forraje disponible ajustado, disponible por día, el peso vivo promedio total, la oferta de forraje promedio expresada en kg de materia seca cada 100 kg de peso vivo y la carga por tratamiento.

Cuadro 17. Oferta de forraje (% PV) y carga (kg PV/ha) según tratamiento

Tratamiento	Forraje disponible (kg MS)	Forraje disponible (kg MS/día)	PV promedio total (kg)	Oferta de forraje (kg MS/100 kg PV)	Carga (kg PV/ha)
0	1317	156	2075	7,5	864
50	1619	197	2596	7,6	1081
75	1441	167	2572	6,5	1071
100	1517	177	3115	5,7	1298

Como se puede observar, se encontraron diferencias en cuanto a la oferta de forraje entre tratamientos, lo cual era de esperarse debido a que se encontraron diferencias significativas en las ganancias diarias y en el peso vivo promedio de los animales.

Cuando se comparan los datos de oferta de forraje con Arenares et al. (2011) presentaron valores similares, que se encuentran entre 5,5 y 6,8 kg MS/100 kg PV. De Souza y Presno (2013) obtuvieron valores entre 6,6 y 23 kg MS/100 kg PV, como resultado de una dotación predeterminada que se mantuvo durante todo el periodo experimental y la producción de forraje determinó la oferta. Las diferencias en los valores de oferta de forraje de los diferentes trabajos pueden deberse a las diferentes categorías utilizadas y por el forraje disponible en cada caso, siendo estas dos de las variables utilizadas para realizar el cálculo de oferta de forraje.

Zanoniani (2010) asevera que asignaciones cercanas al 6% combinan una adecuada ganancia animal, carga por superficie y producción, con una buena persistencia de pasturas compuestas por gramíneas perennes y leguminosas.

Poppi et al., citados por Cangiano (1996), sostienen que la relación entre consumo de materia seca y cantidad de forraje muestra una respuesta curvilínea que tiende asintóticamente a un máximo, donde la parte ascendente depende de factores no nutricionales y la parte asintótica de la curva está determinada por factores nutricionales. Si se analiza el tratamiento 100 con respecto al resto de los tratamientos, se puede observar que es el de menor disponibilidad de forraje, mientras que la ganancia diaria es igual al tratamiento de 0 y 75 N, siendo significativamente menor a la ganancia presentada por el tratamiento fertilizado con 50 kg de N. De aquí se deduce que la limitante de la menor ganancia diaria del tratamiento 100 N contra 50 N se explica por factores no nutricionales, presentando una limitante de consumo. Esta podría estar explicada tanto por una menor altura del forraje como también una dificultad en la cosecha del forraje.

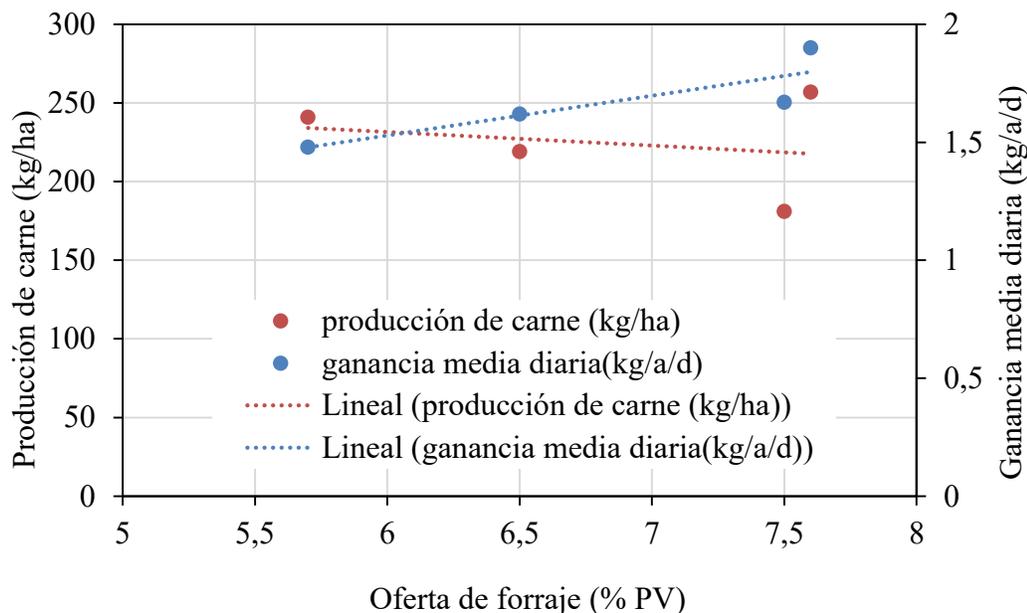


Figura 6. Ganancia media diaria y producción de carne por hectárea en función de la oferta de forraje

Como se observa en la figura anterior, se trabajó dentro el rango óptimo de oferta de forraje, entre 5,6 y 7,5% PV (Agustoni et al., 2008), permitiendo que haya una compensación entre ganancia individual y producción de carne por hectárea.

Los tratamientos 0 y 50, aun con similar en oferta de forraje, difieren en producción de PV/ha, siendo mayor en 50 que en el tratamiento 0, lo cual se debe a que el tratamiento 50 tiene mayor carga respecto a 0 e iguales ganancias individuales.

## 5. CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Si bien la pradera de *Festuca arundinacea* era de cuarto año, presentó un 60 % aproximadamente de dicha especie, lo que llevó a que se tomara la decisión de fertilizar, y a su vez, realizar el presente experimento. Dada la alta presencia de dicha especie y por tratarse de un experimento realizado en primavera, era de esperar que dicha fertilización resultara significativa en cuanto a producción de MS.

En lo que refiere a las tasas de crecimiento se observó claramente que, en el momento en el que se combinaban los factores como temperatura, precipitaciones y nutrición, hubo respuesta al agregado de N. Es decir que, en primavera con altas dosis de N la pastura presentó producciones de forraje superiores, en comparación a los tratamientos de bajo N.

Dicha respuesta a la fertilización fue cuantificada con una curva de regresión y se halló una respuesta de 4 kg de MS por cada kg de N agregado con una correlación del 30%, lo que implica que de la producción forrajera solo el 30% estuvo explicado por el agregado de este nutriente.

Al momento de la cuantificación de suelo descubierto, no se observaron diferencias significativas en los disponibles de los tratamientos, pero sí en los remanentes. Estas mismas mostraban cómo el tratamiento de 100 kg de N, donde había 6 novillos, tenía los mayores porcentajes de suelo descubierto. El mayor suelo desnudo se produce por un pastoreo que deja menor remanente, menor altura y por tanto mayor remoción de las láminas. Luego, gracias a la fertilización nitrogenada, y a la calidad de luz entrante, se pudieron dar procesos como el de macollaje, que permitieron compensar la producción de forraje.

En lo que refiere a la producción animal, siguiendo el análisis referido a producción forrajera, se ve como el tratamiento de 50 kg de N concuerda con la máxima producción de carne por hectárea. A su vez, dicho tratamiento coincide con la mayor oferta de forraje en comparación al resto de los tratamientos. Se observa como la carga del tratamiento de 100 kg de N, siguiendo la temática anterior, podría haber afectado negativamente tanto la producción por hectárea, como la performance individual del animal.

Se aprecia que variables como el caso de precipitaciones, temperaturas y fisiología de la pastura, afectan de manera significativa la producción primaria y por lo tanto secundaria, arrojando resultados que no son los esperados en pasturas más nuevas.

## 5.1 CONSIDERACIONES FINALES

En lo que respecta a la tasa de crecimiento del forraje se encontraron diferencias significativas, también así en la producción de forraje, sobre todo en el segundo pastoreo, lo cual arrojó mayores ganancias individuales y por superficie. El tratamiento de 50 unidades de N, si bien estadísticamente fue de igual ganancia individual que el tratamiento 0 y 75, presentó mayor ganancia individual y mayor producción de carne por hectárea que el tratamiento 75 y 100, concluyendo que, en el presente trabajo, la fertilización con 50 unidades de N se logra la mayor productividad.

Se pudo concluir que dicho nutriente potencia el crecimiento vegetal, ya que existe respuesta al agregado de N. Cabe destacar que como si hubo respuesta al agregado de dicho nutriente, agrónomicamente es factible la fertilización nitrogenada. A pesar de eso la respuesta fue baja, de 4 kg de MS por cada unidad de N agregado. Desde el punto de vista económico, contemplando el precio de los insumos y del producto generado, fertilizar con N una pradera en dichas condiciones no parecería ser la mejor decisión ya que el retorno económico en el corto plazo no permitiría compensar dicha inversión.

## 6. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción primaria y secundaria dentro de un sistema en el que convergen 4 tratamientos de fertilización nitrogenada 0, 50, 75 y 100 kg de N, a una pradera de *Festuca arundinacea* con tres Bloques. En dichos tratamientos se colocó 4, 5, 5 y 6 novillos respectivamente, para los cuales se tomaron los pesos y por consiguiente ganancias diarias a lo largo del momento experimental. Dicho experimento fue realizado en Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”) en el departamento de Paysandú (Latitud 32° 23' 31,60" S y Longitud 58° 02' 19,20" O). El diseño experimental fue de bloques completos al azar (3 Bloques) con 4 tratamientos por bloque, donde los mismos consistieron en 4 fertilizaciones nitrogenadas diferentes y cargas variables. La unidad experimental corresponde a la parcela en que se ubican los lotes de novillos. El método de pastoreo fue rotativo y el criterio utilizado para el cambio de franja fue una intensidad de 5 a 7 cm, teniendo en cuenta que una parcela presentarse dichas condiciones, el cambio para el siguiente bloque se realizaba, sin tener en cuenta que se presentase o no la misma situación en las otras parcelas. El experimento tuvo resultados esperados teniendo en cuenta que la pastura era de cuarto año. Se decidió aplicar N gracias a la gran proporción de *Festuca arundinacea* (60%). Se observaron diferencias significativas, en producción primaria y secundaria, para el caso del tratamiento de 50 kg de N. El tratamiento de 100 kg de N si bien mostró una ventaja significativa en cuanto a la cobertura rápida del suelo luego del pastoreo, no reflejó máximas producciones de carne, debido a una alta carga animal por hectárea. No se recomienda en esta situación actual y teniendo en cuenta la situación experimental, la fertilización nitrogenada.

Palabras clave: Producción primaria; Producción secundaria; Fertilización; Nitrógeno; *Festuca*; Pastoreo; Novillos.

## 7. SUMMARY

The purpose of this project was to evaluate the primary and secondary production within a system in which 4 treatments of nitrogenated fertilization converge 0, 50, 75 and 100 kilograms of N were applied to a prairie of *Festuca arundinacea* with 3 blocks. 4, 5, 5 and 6 steers were introduced respectively to each treatment, subsequently they were weighed, and their daily gains were obtained throughout the experiment. Said experiment took place in Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" property of Facultad de Agronomía located in Paysandú department (Latitud 32° 23' 31,60" S y Longitud 58° 02' 19,20" O). The experimental design was in the form of random complete blocks (3 blocks) with 4 treatments per block, which consisted of 4 different nitrogenated fertilizations and variable charges. The experimental unit corresponds to the plot in which the steers are located. The method of grazing consisted on rotations and the criteria used to change the fringe was an intensity of 5 to 7 cm, considering that a plot has said conditions, the change in the next block was made despite being or not in the same situation as the other plots. The experiment showed the expected results taking into account that the pasture was three years old. It was decided that N had to be applied seeing the amount of *Festuca arundinacea* (60%). Considerable differences were seen, on primary and secondary production, on the treatment including 50 kg of N. The treatment consisting of 100 kg of N, even though showing an advantage in rapid coverage of the soil after grazing, did not reflect maximum production in meat due to a high charge of animal per hectare. In this present situation and taking into account the experimental situation, the nitrogenated fertilization is not recommended.

Keywords: Primary production; Secondary production; Fertilization; Nitrogen; Fescue; Grazing; Steers.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M. G.; Di Marco, O. N. 2010. Ganadería en suelos bajos. El potencial productivo de las pasturas perennes en la región templado-húmeda bonaerense. *Revista Hereford (Buenos Aires)*. 75(652):76-82.
2. \_\_\_\_\_.; Di Marco, O. N.; Insúa, J. 2014. Calidad nutritiva de festuca alta. *Visión Rural*. no. 89:5-9.
3. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efectos de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
4. Allegri, M. 1982. Algunas consideraciones sobre la investigación en la utilización de pasturas. *Miscelánea CIAAB*. no. 39:1-3.
5. 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. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 85 p.
6. Almada López de Haro, A. A.; Salle de León, M. J.; Vidart, D. 2003. Asignación de forraje y restricción del tiempo de pastoreo en primavera sobre vacas lecheras en praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 113 p.
7. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
8. Arenares, G.; Quintana, C.; Ribero, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 89 p.
9. Arocena, C.; Dighiero, A. 1999. Evaluación de la producción y calidad de carne de cordero sobre una mezcla forrajera de avena y raigrás, bajo los efectos de carga animal, suplementación y sistemas de pastoreo para la región de basalto. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 147 p.

10. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
11. \_\_\_\_\_.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. Montevideo, Uruguay, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 38).
12. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Condón, F.; Cotro, B.; Cuitiño, M.; Docanto, J.; García, J.; Gutiérrez, F.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2017. Catálogo de cultivares 2017: forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. s.p. Consultado abr. 2021. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=98>
13. Azanza, A.; Panissa, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el periodo primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.
14. Baethgen, W. 1994. Comentarios generales sobre el seminario. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 61-62 (Serie Técnica no. 51).
15. Ball, P. R.; Field, T. R. O. 1982. Responses to nitrogen as affected by pasture characteristics, season and grazing management. In: Lynch, P. B. ed. Nitrogen Fertilizers in New Zealand Agriculture. Auckland, Ray Richards. pp. 45- 64.
16. Barthram, G. T. 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: Alcock, M. M. ed. The Hill Farming Research Organisation Biennial Report 1984-1985. Edinburgh, HFRO. pp. 29-30.
17. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
18. Berretta, E. J.; Risso, D. F.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S. 1998. Mejoramiento de campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 73-84 (Serie Técnica no. 102).

19. Boggiano, P. 2000. Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação 65 nitrogenada e oferta de forragem. Tesis Doctorado. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 179 p.
20. Bottaro, C.; Zabala, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NKP en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 171 p.
21. Brancato, A.; Panissa, R. J.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.
22. Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Farnham Royal, Berks, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. pp. 42-79 (Bulletin no. 42).
23. Campbell, A. 1966. Grazed pasture parameters. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *Journal of Agriculture Science*. 67:199-210.
24. Cangiano, C. 1996. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. *Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
25. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 463 p.
26. \_\_\_\_\_. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.
27. \_\_\_\_\_. 2002a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para la producción de forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p
28. \_\_\_\_\_. 2002b. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
29. \_\_\_\_\_. 2002c. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.

30. \_\_\_\_\_. 2007a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 186 p.
31. \_\_\_\_\_. 2007b. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 357 p.
32. Carriquiry, J.; Normey, R.; Pardiñas, P. 2002. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño – invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 88 p.
33. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17<sup>th</sup>., 1993, Palmerston). Proceedings. Wellington, SIR. pp. 95-104
34. Chilibroste, P.; Soca, P.; De Armas, A. 2005. Impacto del manejo del pastoreo en la invernada pastoril. Cangüé. no. 27:15-17.
35. 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.
36. Cruz, P.; Boval, M. 1999. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: International Symposium Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology (1999, Curitiba). Proceedings. Wallingford, CABI. pp. 134- 150.
37. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2000. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P. C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford, CABI. pp. 151- 168.
38. 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.
39. Davies, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 82 (1):165-172.

40. \_\_\_\_\_. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. The grass crops. London, Chapman and Hall. pp. 85-127.
41. De Barbieri, L. I.; Rado, F. J.; Xalambri, L. 2000. Efecto de la carga y de la suplementación sobre la producción y calidad de carne de corderos pesados pastoreando *Avena byzantina* en la región Este. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 122 p.
42. De Souza, P. A.; Presno, J. P. 2013. Productividad invierno-primaveral 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. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p.
43. Díaz-Zorita, M.; Melgar, R. 1997. La fertilización de cultivos y pasturas. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 259 p.
44. Difante, G. 2003. Importância da morfogênese no manejo de gramíneas forrageiras. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 25 p.
45. Durán, A. 1985. Factores y procesos de la formación del suelo. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 143 p.
46. Easton, H. S.; Lee, C. K.; Fitzgerald, R. D. 1994. Tall fescue in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 37:405-417.
47. Escuder, C. 1996. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
45. \_\_\_\_\_. 1997. Manejo de la defoliación; efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, La Borrosa. pp. 65-83.
49. Fernández, E. 1999. Impacto económico de prácticas de manejo en invernada intensiva. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 85:6-9.
50. Ferrari, O. 2012. Suplementación en invernadas pastoriles: fundamentos. (en línea). Buenos Aires, DelSector.com. s.p. (Notas técnicas). Consultado ene. 2020. Disponible en <http://delsector.com/vernoti.php?notid=1542>

51. Foglino, 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. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 68 p.
52. Formoso, F. 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, Uruguay, INIA. pp.1-19 (Serie Técnica no. 80).
53. \_\_\_\_\_. 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
54. \_\_\_\_\_. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, Uruguay, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
55. Gallo, J.; Godoy, E.; Toneguzzo, M. 2015. Evaluación de la producción de forraje y carne de tres mezclas forrajeras de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 151 p.
56. Ganzábal, A. 1997. Alimentación de ovinos con pasturas sembradas. Montevideo, INIA. 43 p. (Serie Técnica no. 84).
57. García, F.; Ruffo, M.; Daverede, I. 1999. Fertilización de pasturas y verdesos. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 1 (1):1-12.
58. García, J. 1995. *Dactylis glomerata* L. INIA LE Oberón. Montevideo, Uruguay, INIA. 10 p. (Boletín de Divulgación no. 49).
59. \_\_\_\_\_. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, Uruguay, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 133).
60. Garduño, S.; Pérez, J.; Hernández, A.; Herrera, J. G.; Martínez, P. A.; Joaquín, B. M. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica Pecuaria en México*. 47 (2):189-202.
61. Gastal, F.; Belanger, G.; Lemaire, G. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*. 70 (5):437-442.

62. González Barrios, P. M. 2010. Productividad de vacas lecheras pastoreando praderas con diferentes gramíneas perennes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 68 p.
63. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 5 (15):663-670.
64. Hodgson, J. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production; an evaluation of research results. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 44:99-104.
65. \_\_\_\_\_. 1990. *Grazing management: science into practice*. New York, Longman. 203 p.
66. Jagusch, K. T. 1981. Producción de ganado sobre pasturas. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 271-288.
67. Jamieson, W. S.; Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34 (4):261-271.
68. Langer, R. H. M. 1981. Crecimiento de gramíneas y tréboles. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 47-73.
69. Lemaire, G. 1988. Sward dynamics under different management programmes. *In*: General Meeting of the European Grassland Federation (12<sup>th</sup>., Dublin, 1988). *Proceedings*. Belclare, Ireland, Irish Grassland Association. pp. 7-22.
70. \_\_\_\_\_.; Chapman, D. F. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In*: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK, Centre for Agriculture and Biosciences International. pp. 3-36.
71. \_\_\_\_\_. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. *In*: International Symposium on Animal Production under Grazing (1997, Viçosa). *Proceedings*. Viçosa, UFV. pp. 117-144.
72. \_\_\_\_\_.; Agnusdei, M. G. 2000. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.;

Carvalho, P. C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford, CABI. pp. 265-287.

73. McAdam, J. W.; Volenec, J. J.; Nelson, C. J. 1989. Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. *Plant Physiology*. 89 (2):549-556.
74. Marino, M.; Agnusdei, M. 2007. Manejo estacional del suministro de nitrógeno en pasturas de *Festuca arundinacea* Schreber (Sudeste bonaerense, Argentina): crecimiento y eficiencia en el uso de recursos. In: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (20<sup>a</sup>.), Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal (30<sup>a</sup>.), Congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito (5<sup>o</sup>., 2007, Cusco, Perú). Trabajos presentados. Cusco, APPA/ALPA. p. irr.
75. Mattiauda, D.; Chilibroste, P.; Bentancur, O.; Soca, P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿qué niveles de producción permite y qué problemas contribuye a solucionar? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (37<sup>as</sup>., 2009, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 96-110.
76. Mazzanti, A.; Lemaire, G. 1994a. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. Consumption and efficiency of herbage utilization. *Grass and Forage Science*. 49 (3):352-359.
77. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Gastal, F. 1994b. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. *Herbage growth dynamics*. *Grass and Forage Science*. 49 (2):111-120.
78. \_\_\_\_\_.; 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 anual en el sudeste bonaerense. INTA Balcarce. Boletín técnico no. 143. 27 p.
79. Méndez, D.; Barraco, M.; Berone, G. 2016. Fertilización nitrogenada de pastura de festuca y agropiro. In: Méndez, D. ed. Memoria técnica 2015-2016. General Villegas, INTA. pp. 67-68.
80. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2019. Anuario

estadístico agropecuario 2019. (en línea). Montevideo. 259 p. Consultado abr. 2020. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019.pdf>

81. Morón, A. 1996. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 80).
82. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8<sup>th</sup>., 1960, Oxford). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 606-611.
83. Nabinger, C. 1997. Eficiencia do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: Simposio sobre Manejo da Pastagem (14<sup>o</sup>., 1996, Piracicaba). Fundamentos do pastejo rotacionado. Piracicaba, Brasil, ESALQ. pp. 213-251.
84. Parsons, A. J.; Penning, P. D. 1988. 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.
85. Perdomo, C.; Barbazán, M.; Durán Monzoni, J. M. 2008. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 74 p.
86. Perrachón, J. 2009. Recursos naturales: manejo del pasto. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 130:42-45.
87. Pineiro, J.; Harris, W. 1978. Performance of mixtures of ryegrass cultivars and prairie grass with red clover cultivars under two grazing frequencies. I. Herbage production in the establishment year. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 21:83-92.
88. Quintans, G. 2006. Recría vacuna: preparándonos para el invierno. *Revista INIA*. no. 6:2-5.
89. Raymond, W. F. 1964. The efficient use of grass. *Proceedings of the Nutrition Society*. 23:54-62.
90. Reinoso, V.; Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado: pastoreo rotativo y en franjas. *Veterinaria*. 41 (161-162):15-24.

91. Rivas, S. 2008. Pasturas fertilizadas para hacer eficiente la producción ganadera. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 4 p. Consultado ago. 2020. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/37-pasturas\\_fertilizada.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/37-pasturas_fertilizada.pdf)
92. Rovira, P. 2005. Efecto de la asignación de forraje en la ganancia de peso de novillos sobreaño sobre praderas durante la primavera. In: Jornada Anual de Producción Animal (2005, INIA Treinta y Tres). Resultados experimentales 2005. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 23-32 (Actividades de Difusión no. 429).
93. Ruz, E.; Campillo, R. 1996. Fertilización de praderas. In: Ruiz, N. ed. Praderas para Chile. Santiago de Chile, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. pp. 220-237.
94. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Zanoniani, R. 2008. Características estructurales de una pastura de *Lolium perenne* bajo diferentes intensidades de pastoreo. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Campos (22<sup>a</sup>., 2008, Minas, Uruguay). Trabajos presentados. s.n.t. 1 disco compacto.
95. Sardiña, C.; Cecconi, I.; Bandera, R. 2009. Fertilización nitrogenada y respuesta productiva de festuca (*Festuca arundinacea*) y agropiro (*Tynopirum ponticum*): informe técnico. (en línea). s.n.t. pp. 83-85. Consultado 27 nov. 2019. Disponible [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2010\\_sardinia\\_fertilizacion\\_nitrogenada.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2010_sardinia_fertilizacion_nitrogenada.pdf)
96. Scheneiter, O.; Bertín, O. 2005. Fertilización en pasturas mixtas. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 13 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf)
97. \_\_\_\_\_.; 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.
98. Sevrini, M.; Zanoniani, M. 2010. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Bromus auleticus* Trinus en campo natural. Tesis Ing. Agr.

Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 98 p.

99. Smetham, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 210-270.
100. Squella, F.; Figueroa, J. F. 2004. Recursos forrajeros para suelos cultivables del secano mediterráneo de la VI Región. In: Vilches, H. ed. Estado de avance de las actividades de investigación. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentué. Centro Experimental Hidango. pp. 29-70 (Serie Día de Campo no. 3).
101. 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.
102. Waldo, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage - concentrate interaction. *Journal of Dairy Science*. 69 (2):617-631.
103. Wales, W. J.; Doyle, P. T.; Dellow, D. W. 1998. Dry matter intake, nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances in summer and autumn. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38 (5):451-460.
104. Whitehead, D. C. 1970. The role of nitrogen in grassland productivity: a review of information from temperate regions. CAB. Bulletin no. 48. 202 p.
105. \_\_\_\_\_. 1995. Grassland nitrogen center for Agriculture and Bioscience International. Wallingford, UK, CABI. 397 p
106. Wilman, H.; Wright, P. T. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 53(8):387-393.
107. Zanoniani, R. A. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. *Cangüé*. no. 15:13-17.
108. \_\_\_\_\_.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M; Silveira, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Grupo Campos (21ª., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.

109. \_\_\_\_\_. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
110. \_\_\_\_\_. 2010. Pasturas y forrajes: estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia (Uruguay)*. 14 (3):26-30.

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Composición botánica promedio del forraje disponible y remanente para cada tratamiento expresado en porcentaje

Cuadro 1. Composición botánica promedio del forraje disponible para cada tratamiento expresado en porcentaje

Tratamientos	<i>Festuca arundinacea</i>	Leguminosas	Raigrás	Malezas	Restos secos
0	62,0 a	2,2 a	17,8 a	7,4 a	10,7 a
50	62,7 a	3,0 a	19,8 a	7,6 a	7,0 a
75	52,9 a	4,8 a	5,1 a	7,1 a	10,1 a
100	57,9 a	4,8 a	21,0 a	8,3 a	9,9 a

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

Cuadro 2. Composición botánica promedio del forraje remanente para cada tratamiento expresado en porcentaje (%)

Tratamientos	<i>Festuca arundinacea</i>	Leguminosas	Raigrás	Malezas	Restos secos
100	46,2 a	8,1 a	10,5 b	12,7 a	22,5 a
50	62,3 a	1,7 ab	15,2 a	7,0 a	13,8 a
75	57,5 a	1,9 ab	13,9 ab	11,2 a	15,6 a
0	62,2 a	0,7 b	12,8 ab	7,3 a	17,0 a

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

Anexo 2. Cantidad MS y altura del forraje disponible y remanente del primer pastoreo, el segundo y promedio

### **Forraje disponible (kg/ha MS) del primer pastoreo**

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

Disponibile kg/ha   12   0,51   0,11   26,1

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	695054,80	5	139010,96	1,27	0,3839
Bloque	505601,06	2	252800,53	2,31	0,1801
Tratamiento	189453,74	3	63151,25	0,58	0,6507
Error	655999,34	6	109333,22		
Total	1351054,14	11			

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

**Forraje remanente (kg/ha MS) del primer pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Remanente kg/ha	12	0,85	0,73	17,87

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	247435,10	5	49487,02	7,07	0,0169
Bloque	1098,91	2	549,45	0,08	0,9255
Tratamiento	246336,19	3	82112,06	11,73	0,0064
Error	42018,52	6	7003,09		
Total	289453,62	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=148,89018**

Error: 7003,0867 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.	
1	481,75	4	41,84	A
3	461,45	4	41,84	A
2	461,45	4	41,84	A

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=196,40713**

Error: 7003,0867 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0	604,17	3	48,32	A
50	524,00	3	48,32	A
75	517,50	3	48,32	A
100	227,20	3	48,32	B

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

### Altura disponible (cm) del primer pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt. disp.	12	0,51	0,11	24,64

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66,83	5	13,37	1,27	0,3834
Bloque	48,64	2	24,32	2,32	0,1797
Tratamiento	18,19	3	6,06	0,58	0,6508
Error	62,99	6	10,50		
Total	129,82	11			

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

### Altura remanente (cm) del primer pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt. rem.	12	0,86	0,74	9,74

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,72	5	2,94	7,17	0,0163
Bloque	0,07	2	0,04	0,09	0,9141
Tratamiento	14,65	3	4,88	11,90	0,0062
Error	2,46	6	0,41		
Total	17,18	11			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,13980

Error: 0,4104 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
1	6,69	4	0,32 A
3	6,52	4	0,32 A
2	6,52	4	0,32 A

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

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,50356

Error: 0,4104 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	7,63	3	0,37 A
50	7,00	3	0,37 A
75	6,95	3	0,37 A
100	4,72	3	0,37 B

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

### Forraje disponible (kg/ha MS) del segundo pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. kg/ha	12	0,73	0,50	11,17

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	437893,29	5	87578,66	3,22	0,0933
Bloque	328269,81	2	164134,91	6,04	0,0365
Tratamiento	109623,48	3	36541,16	1,35	0,3454
Error	162980,90	6	27163,48		
Total	600874,19	11			

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

### Forraje remanente (kg/ha MS) del segundo pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rem. kg/ha	12	0,83	0,69	17,11

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	191082,77	5	38216,55	5,84	0,0265
Bloque	4480,05	2	2240,02	0,34	0,7233
Tratamiento	186602,72	3	62200,91	9,50	0,0107
Error	39292,80	6	6548,80		
Total	230375,57	11			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=143,98000

Error: 6548,8000 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
2	493,15	4	40,46 A
1	478,50	4	40,46 A
3	446,85	4	40,46 A

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

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=189,92991

Error: 6548,8000 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	606,37	3	46,72 A
50	513,17	3	46,72 A
75	503,43	3	46,72 A
100	268,37	3	46,72 B

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

### Altura disponible (cm) del segundo pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt. disp.	12	0,73	0,50	10,61

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42,11	5	8,42	3,22	0,0935
Bloque	31,57	2	15,79	6,04	0,0366
Tratamiento	10,54	3	3,51	1,34	0,3460
Error	15,69	6	2,62		
Total	57,80	11			

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

### Altura remanente (cm) del segundo pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt. rem.	12	0,83	0,69	9,42

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,30	5	2,26	5,83	0,0266
Bloque	0,26	2	0,13	0,34	0,7254
Tratamiento	11,03	3	3,68	9,50	0,0107
Error	2,32	6	0,39		
Total	13,62	11			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,10730

Error: 0,3873 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
2	6,77	4	0,31 A
1	6,65	4	0,31 A
3	6,41	4	0,31 A

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

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,46068

Error: 0,3873 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	7,64	3	0,36 A
50	6,92	3	0,36 A
75	6,84	3	0,36 A
100	5,04	3	0,36 B

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

### Forraje disponible (kg/ha MS) promedio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. kg/ha	12	0,39	0,00	17,30

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	213899,67	5	42779,93	0,76	0,6079
Bloque	85852,67	2	42926,33	0,77	0,5057
Tratamiento	128047,00	3	42682,33	0,76	0,5556
Error	336446,00	6	56074,33		
Total	550345,67	11			

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

### Forraje remanente (kg/ha MS) promedio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rem. kg/ha	12	0,85	0,72	17,14

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	217160,17	5	43432,03	6,68	0,0194
Bloque	1586,17	2	793,08	0,12	0,8874
Tratamiento	215574,00	3	71858,00	11,05	0,0074
Error	39034,50	6	6505,75		
Total	256194,67	11			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=143,50598

Error: 6505,7500 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
1	480,25	4	40,33 A
2	477,25	4	40,33 A
3	454,50	4	40,33 A

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

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=189,30461

Error: 6505,7500 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	605,67	3	46,57 A
50	518,67	3	46,57 A
75	510,67	3	46,57 A
100	247,67	3	46,57 B

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

### Altura disponible (cm) promedio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt. disp.	12	0,38	0,00	16,35

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,12	5	4,02	0,75	0,6177
Bloque	8,03	2	4,02	0,74	0,5145
Tratamiento	12,09	3	4,03	0,75	0,5626
Error	32,39	6	5,40		
Total	52,51	11			

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

### Altura remanente (cm) promedio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Alt. rem.	12	0,85	0,73	9,21

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,98	5	2,60	7,04	0,0171
Bloque	0,09	2	0,04	0,12	0,8912
Tratamiento	12,89	3	4,30	11,65	0,0065
Error	2,21	6	0,37		
Total	15,19	11			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,08061

Error: 0,3689 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
1	6,68	4	0,30 A
2	6,63	4	0,30 A
3	6,48	4	0,30 A

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

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,42548

Error: 0,3689 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	7,63	3	0,35 A
50	6,97	3	0,35 A
75	6,90	3	0,35 A
100	4,87	3	0,35 B

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

Anexo 3. Forraje desaparecido (kg MS/ha) y utilización (%) de primer pastoreo, el segundo y promedio

**Forraje desaparecido (kg/ha MS) del primer pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Des. kg/ha	12	0,56	0,20	38,76

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	736393,03	5	147278,61	1,55	0,3015
Bloque	545456,73	2	272728,36	2,88	0,1329
Tratamiento	190936,30	3	63645,43	0,67	0,5999
Error	568480,65	6	94746,77		
Total	1304873,68	11			

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

**Porcentaje de utilización del primer pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% útil.	12	0,88	0,78	10,73

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1938,42	5	387,68	8,93	0,0095
Bloque	536,17	2	268,08	6,17	0,0350
Tratamiento	1402,25	3	467,42	10,77	0,0079
Error	260,50	6	43,42		
Total	2198,92	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=11,72329**

Error: 43,4167 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
3	68,00	4	3,29 A
2	64,00	4	3,29 A
1	52,25	4	3,29 B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=15,46467**

Error: 43,4167 gl: 6

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
100	79,33	3	3,80	A
50	60,33	3	3,80	B
75	54,33	3	3,80	B
0	51,67	3	3,80	B

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

**Forraje desaparecido (kg/ha MS) del segundo pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Des. kg/ha	12	0,84	0,70	13,63

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	574452,20	5	114890,44	6,15	0,0235
Bloque	257115,92	2	128557,96	6,88	0,0280
Tratamiento	317336,28	3	105778,76	5,66	0,0349
Error	112117,67	6	18686,28		
Total	686569,86	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=243,21071**

Error: 18686,2775 gl: 6

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
2	1180,80	4	68,35	A
1	1006,73	4	68,35	A B
3	822,30	4	68,35	B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=320,82921**

Error: 18686,2775 gl: 6

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
100	1182,27	3	78,92	A
50	1117,60	3	78,92	A
75	950,57	3	78,92	A B
0	762,67	3	78,92	B

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

**Porcentaje de utilización del segundo pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
% útil.	12	0,85	0,73	8,48

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1152,33	5	230,47	7,03	0,0171
Bloque	72,00	2	36,00	1,10	0,3922
Tratamiento	1080,33	3	360,11	10,99	0,0075
Error	196,67	6	32,78		
Total	1349,00	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=10,18617**

Error: 32,7778 gl: 6

Bloque Medias n E.E.

2 70,50 4 2,86 A

1 67,50 4 2,86 A

3 64,50 4 2,86 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=13,43700**

Error: 32,7778 gl: 6

Tratamiento Medias n E.E.

100 81,67 3 3,31 A

50 68,67 3 3,31 A B

75 64,33 3 3,31 B

0 55,33 3 3,31 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).**Forraje desaparecido (kg/ha MS) promedio**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Des. kg/ha	12	0,56	0,19	23,31

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	332551,17	5	66510,23	1,52	0,3113
Bloque	95375,13	2	47687,57	1,09	0,3955
Tratamiento	237176,03	3	79058,68	1,80	0,2469
Error	263235,52	6	43872,59		
Total	595786,69	11			

**Porcentaje de utilización promedio**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% útil.	12	0,88	0,78	8,58

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1324,17	5	264,83	8,61	0,0104
Bloque	118,17	2	59,08	1,92	0,2265
Tratamiento	1206,00	3	402,00	13,07	0,0048
Error	184,50	6	30,75		
Total	1508,67	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=9,86606**

Error: 30,7500 gl: 6

Bloque Medias n E.E.

2 67,25 4 2,77 A

3 66,50 4 2,77 A

1 60,25 4 2,77 AMedias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=13,01473**

Error: 30,7500 gl: 6

Tratamiento Medias n E.E.

100 80,67 3 3,20 A

50 64,67 3 3,20 B

75 59,67 3 3,20 B

0 53,67 3 3,20 BMedias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

Anexo 4. Tasa de crecimiento y crecimiento ajustado del primer pastoreo, segundo y promedio

**Tasa crecimiento primer pastoreo**Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

T. crec. 12 0,58 0,23 41,82

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	76,75	5	15,35	1,65	0,2786
Bloque	49,43	2	24,72	2,66	0,1491
Tratamiento	27,32	3	9,11	0,98	0,4627
Error	55,80	6	9,30		
Total	132,55	11			

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

### Crecimiento ajustado primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Crec. ajus.	12	0,71	0,46	41,17

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1167552,08	5	233510,42	2,91	0,1132
Bloque	926317,17	2	463158,58	5,77	0,0401
Tratamiento	241234,92	3	80411,64	1,00	0,4543
Error	481912,83	6	80318,81		
Total	1649464,92	11			

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

### Tasa de crecimiento segundo pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
T. crec.	12	0,76	0,55	17,46

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	980,23	5	196,05	3,72	0,0704
Bloque	328,69	2	164,34	3,12	0,1179
Tratamiento	651,55	3	217,18	4,12	0,0662
Error	316,21	6	52,70		
Total	1296,44	11			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=12,91613

Error: 52,7014 gl: 6

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	48,50	4	3,63 A
3	40,38	4	3,63 A
1	35,85	4	3,63 A

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

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=17,03819

Error: 52,7014 gl: 6

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
100	50,37	3	4,19 A
50	46,50	3	4,19 A B
75	38,00	3	4,19 A B
0	31,43	3	4,19 B

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

### Crecimiento ajustado segundo pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Crec. ajust.	12	0,87	0,75	14,99

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1645728,25	5	329145,65	7,77	0,0134
Bloque	982464,67	2	491232,33	11,59	0,0087
Tratamiento	663263,58	3	221087,86	5,22	0,0414
Error	254324,67	6	42387,44		
Total	1900052,92	11			

#### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=366,30253

Error: 42387,4444 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.	
2	1745,75	4	102,94	A
1	1326,25	4	102,94	B
3	1049,75	4	102,94	B

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

#### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=483,20467

Error: 42387,4444 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
100	1669,00	3	118,87	A
50	1500,33	3	118,87	A B
75	1284,00	3	118,87	A B
0	1042,33	3	118,87	B

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

### Tasa de crecimiento promedio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
T. crec.	12	0,67	0,40	18,93

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	261,33	5	52,27	2,46	0,1516
Bloque	100,67	2	50,33	2,37	0,1742
Tratamiento	160,67	3	53,56	2,52	0,1543
Error	127,33	6	21,22		
Total	388,67	11			

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

### **Crecimiento ajustado promedio**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Crec. ajust.	12	0,59	0,25	20,51

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	383745,57	5	76749,11	1,72	0,2643
Bloque	187331,14	2	93665,57	2,09	0,2043
Tratamiento	196414,43	3	65471,48	1,46	0,3157
Error	268441,43	6	44740,24		
<b>Total</b>	<b>652187,00</b>	<b>11</b>			

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

Anexo 5. Composición botánica y suelo descubierto del disponible y remanente del primer pastoreo, segundo y promedio

### **Porcentaje de festuca disponible en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. festuca %	12	0,47	0,03	10,92

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	240,38	5	48,08	1,07	0,4612
Bloque	194,93	2	97,47	2,16	0,1965
Tratamiento	45,45	3	15,15	0,34	0,8006
Error	270,73	6	45,12		
<b>Total</b>	<b>511,11</b>	<b>11</b>			

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

### **Porcentaje de leguminosa disponible en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. leg. %	12	0,59	0,25	85,83

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	50,74	5	10,15	1,75	0,2569
Bloque	34,68	2	17,34	2,99	0,1255
Tratamiento	16,07	3	5,36	0,92	0,4843
Error	34,77	6	5,80		
<b>Total</b>	<b>85,51</b>	<b>11</b>			

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

### Porcentaje de raigrás disponible en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. RG %	12	0,50	0,08	22,53

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	131,11	5	26,22	1,20	0,4099
Bloque	57,33	2	28,66	1,31	0,3375
Tratamiento	73,78	3	24,59	1,12	0,4114
Error	131,40	6	21,90		
Total	262,51	11			

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

### Porcentaje de malezas disponible en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. malezas %	12	0,44	0,00	50,52

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	35,43	5	7,09	0,92	0,5245
Bloque	35,38	2	17,69	2,31	0,1806
Tratamiento	0,05	3	0,02	2,1E-03	0,9999
Error	46,01	6	7,67		
Total	81,44	11			

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

### Porcentaje restos secos disponible en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
R. secos %	12	0,33	0,00	68,11

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	121,98	5	24,40	0,59	0,7121
Bloque	39,15	2	19,58	0,47	0,6455
Tratamiento	82,83	3	27,61	0,66	0,6035
Error	249,20	6	41,53		
Total	371,18	11			

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

### Porcentaje de suelo descubierto disponible en el primer pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S.D. %	12	0,38	0,00	50,13

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,66	5	3,53	0,72	0,6303
Bloque	4,51	2	2,26	0,46	0,6508
Tratamiento	13,15	3	4,38	0,90	0,4950
Error	29,30	6	4,88		
Total	46,97	11			

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

### Festuca disponible (kg/ha MS) en el primer pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. fest. kg/ha	12	0,40	0,00	30,87

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	229624,48	5	45924,90	0,80	0,5885
Bloque	139309,56	2	69654,78	1,21	0,3616
Tratamiento	90314,92	3	30104,97	0,52	0,6820
Error	345102,30	6	57517,05		
Total	574726,78	11			

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

### Leguminosa disponible (kg/ha MS) en el primer pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. leg. kg/ha	12	0,52	0,13	104,79

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9357,32	5	1871,46	1,32	0,3670
Bloque	6136,60	2	3068,30	2,17	0,1954
Tratamiento	3220,73	3	1073,58	0,76	0,5566
Error	8485,27	6	1414,21		
Total	17842,59	11			

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

### **Raigrás disponible (kg/ha MS) en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. RG kg/ha	12	0,43	0,00	63,35

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	112607,85	5	22521,57	0,90	0,5351
Bloque	104988,96	2	52494,48	2,10	0,2032
Tratamiento	7618,88	3	2539,63	0,10	0,9561
Error	149771,93	6	24961,99		
<b>Total</b>	<b>262379,78</b>	<b>11</b>			

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

### **Maleza disponible (kg/ha MS) en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. malezas kg/ha	12	0,68	0,41	58,11

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	19342,23	5	3868,45	2,51	0,1466
Bloque	16944,56	2	8472,28	5,50	0,0440
Tratamiento	2397,67	3	799,22	0,52	0,6846
Error	9241,88	6	1540,31		
<b>Total</b>	<b>28584,11</b>	<b>11</b>			

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

### **Resto secos disponible (kg/ha MS) en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
R. secos kg/ha	12	0,60	0,26	47,88

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	22561,51	5	4512,30	1,78	0,2502
Bloque	13263,91	2	6631,95	2,62	0,1519
Tratamiento	9297,61	3	3099,20	1,23	0,3792
Error	15173,43	6	2528,91		
<b>Total</b>	<b>37734,95</b>	<b>11</b>			

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

### Porcentaje de festuca remanente en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rem. festuca %	12	0,71	0,46	17,51

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1326,10	5	265,22	2,88	0,1153
Bloque	486,00	2	243,00	2,64	0,1507
Tratamiento	840,10	3	280,03	3,04	0,1145
Error	552,92	6	92,15		
Total	1879,02	11			

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

### Porcentaje de leguminosa remanente en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rem. leg. %	12	0,75	0,55	93,58

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	108,18	5	21,64	3,70	0,0713
Bloque	20,20	2	10,10	1,73	0,2558
Tratamiento	87,97	3	29,32	5,01	0,0450
Error	35,11	6	5,85		
Total	143,29	11			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=4,30415

Error: 5,8524 gl: 6

Bloque Medias n E.E.

3	3,50	4	1,21	A
2	3,50	4	1,21	A
1	0,75	4	1,21	A

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

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=5,67777

Error: 5,8524 gl: 6

Tratamiento Medias n E.E.

100	7,25	3	1,40	A
75	1,33	3	1,40	B
50	1,17	3	1,40	B
0	0,59	3	1,40	B

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

### Porcentaje de raigrás remanente en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rem. RG %	12	0,91	0,83	21,01

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	460,15	5	92,03	11,65	0,0048
Bloque	433,33	2	216,67	27,43	0,0010
Tratamiento	26,82	3	8,94	1,13	0,4084
Error	47,39	6	7,90		
Total	507,55	11			

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

### Porcentaje de malezas remanente en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Malezas %	12	0,69	0,44	39,45

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	199,11	5	39,82	2,73	0,1271
Bloque	93,06	2	46,53	3,18	0,1141
Tratamiento	106,04	3	35,35	2,42	0,1644
Error	87,66	6	14,61		
Total	286,77	11			

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

### Porcentaje de resto secos remanente en el primer pastoreo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
R. secos %	12	0,87	0,76	26,81

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1088,99	5	217,80	7,93	0,0127
Bloque	825,79	2	412,90	15,04	0,0046
Tratamiento	263,19	3	87,73	3,19	0,1051
Error	164,76	6	27,46		
Total	1253,74	11			

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

### Porcentaje de suelo descubierto remanente en el primer pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S.D. %	12	0,84	0,70	26,83

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	122,54	5	24,51	6,15	0,0235
Bloque	35,72	2	17,86	4,48	0,0645
Tratamiento	86,82	3	28,94	7,26	0,0202
Error	23,91	6	3,99		
Total	146,45	11			

#### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=3,55173

Error: 3,9851 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.	
3	8,66	4	1,00	A
2	8,66	4	1,00	A
1	5,00	4	1,00	B

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

#### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=4,68524

Error: 3,9851 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
100	10,75	3	1,15	A
75	9,42	3	1,15	A B
50	4,92	3	1,15	B C
0	4,67	3	1,15	C

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

### Festuca remanente (kg/ha MS) en el primer pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rem. fest. kg/ha	12	0,89	0,80	18,63

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	124504,03	5	24900,81	9,83	0,0074
Bloque	7572,15	2	3786,08	1,49	0,2973
Tratamiento	116931,88	3	38977,29	15,39	0,0032
Error	15195,53	6	2532,59		
Total	139699,56	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=89,53722**

Error: 2532,5882 gl: 6

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
1	305,66	4	25,16	A
3	252,38	4	25,16	A
2	252,38	4	25,16	A

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=118,11221**

Error: 2532,5882 gl: 6

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0	368,02	3	29,06	A
50	326,66	3	29,06	A
75	277,44	3	29,06	A
100	108,43	3	29,06	B

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

**Leguminosa remanente (kg/ha MS) en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rem. leg. kg/ha	12	0,81	0,65	40,57

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	226,64	5	45,33	5,05	0,0368
Bloque	93,85	2	46,93	5,23	0,0484
Tratamiento	132,78	3	44,26	4,93	0,0465
Error	53,83	6	8,97		
Total	280,47	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=5,32920**

Error: 8,9719 gl: 6

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
3	9,36	4	1,50	A
2	9,36	4	1,50	A
1	3,43	4	1,50	B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=7,02997**

Error: 8,9719 gl: 6

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
100	12,63	3	1,73	A
75	7,34	3	1,73	A B
50	6,03	3	1,73	A B
0	3,53	3	1,73	B

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

### **Raigrás remanente (kg/ha MS) en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rem. RG kg/ha	12	0,85	0,72	30,48

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	13623,19	5	2724,64	6,76	0,0188
Bloque	9358,34	2	4679,17	11,61	0,0087
Tratamiento	4264,85	3	1421,62	3,53	0,0884
Error	2418,90	6	403,15		
Total	16042,09	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=35,72358**

Error: 403,1506 gl: 6

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
1	105,38	4	10,04	A
3	46,14	4	10,04	B
2	46,14	4	10,04	B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=47,12443**

Error: 403,1506 gl: 6

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0	77,67	3	11,59	A
50	76,85	3	11,59	A
75	75,76	3	11,59	A
100	33,25	3	11,59	A

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

### **Malezas remanentes (kg/ha MS) en el primer pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rem. malezas kg/ha	12	0,68	0,41	41,69

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3750,78	5	750,16	2,51	0,1464
Bloque	994,08	2	497,04	1,67	0,2658
Tratamiento	2756,70	3	918,90	3,08	0,1119
Error	1790,39	6	298,40		
<b>Total</b>	<b>5541,17</b>	<b>11</b>			

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

**Restos secos remanentes (kg/ha MS) en el primer pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rem. RS kg/ha	12	0,94	0,89	17,08

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19090,92	5	3818,18	18,84	0,0013
Bloque	11957,27	2	5978,64	29,50	0,0008
Tratamiento	7133,65	3	2377,88	11,73	0,0064
Error	1216,07	6	202,68		
<b>Total</b>	<b>20307,00</b>	<b>11</b>			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=25,32946**

Error: 202,6792 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.	
3	105,69	4	7,12	A
2	105,69	4	7,12	A
1	38,73	4	7,12	B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=33,41312**

Error: 202,6792 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0	116,19	3	8,22	A
75	91,15	3	8,22	A B
50	77,51	3	8,22	B C
100	48,64	3	8,22	C

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

**Porcentaje de festuca disponible en el segundo pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. festuca %	12	0,82	0,66	13,75

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1598,95	5	319,79	5,35	0,0323
Bloque	1091,95	2	545,98	9,14	0,0151
Tratamiento	507,00	3	169,00	2,83	0,1289
Error	358,50	6	59,75		
<b>Total</b>	<b>1957,46</b>	<b>11</b>			

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

**Porcentaje de leguminosa disponible en el segundo pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. leg %	12	0,45	0,00	91,34

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	85,72	5	17,14	1,00	0,4895
Bloque	69,63	2	34,82	2,03	0,2121
Tratamiento	16,09	3	5,36	0,31	0,8160
Error	102,88	6	17,15		
<b>Total</b>	<b>188,60</b>	<b>11</b>			

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

**Porcentaje de raigrás disponible en el segundo pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. RG %	12	0,91	0,84	24,08

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1632,79	5	326,56	12,74	0,0038
Bloque	1052,91	2	526,45	20,54	0,0021
Tratamiento	579,88	3	193,29	7,54	0,0185
Error	153,77	6	25,63		
<b>Total</b>	<b>1786,56</b>	<b>11</b>			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=9,00689**

Error: 25,6276 gl: 6

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
2	27,97	4	2,53	A
1	27,32	4	2,53	A
3	7,78	4	2,53	B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=11,88136**

Error: 25,6276 gl: 6

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
75	31,21	3	2,92	A
100	23,67	3	2,92	A B
50	14,84	3	2,92	B
0	14,38	3	2,92	B

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

### **Porcentaje de malezas disponible en el segundo pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Disp. malezas %	12	0,23	0,00	36,25

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	18,37	5	3,67	0,36	0,8617
Bloque	9,78	2	4,89	0,47	0,6443
Tratamiento	8,59	3	2,86	0,28	0,8401
Error	61,98	6	10,33		
Total	80,35	11			

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

### **Porcentaje de restos secos disponible en el segundo pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
R. secos %	12	0,72	0,49	32,16

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

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	141,82	5	28,36	3,13	0,0989
Bloque	59,80	2	29,90	3,29	0,1083
Tratamiento	82,02	3	27,34	3,01	0,1161
Error	54,45	6	9,07		
Total	196,27	11			

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

### **Porcentaje de suelo descubierto disponible en el segundo pastoreo**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
S.D. %	12	0,55	0,18	43,05

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	76,14	5	15,23	1,48	0,3196
Bloque	63,39	2	31,69	3,09	0,1195
Tratamiento	12,75	3	4,25	0,41	0,7490
Error	61,54	6	10,26		
Total	137,68	11			

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

**Festuca disponible (kg/ha MS) en el segundo pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. fest. kg/ha	12	0,93	0,87	7,30

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	287963,90	5	57592,78	16,39	0,0019
Bloque	27698,97	2	13849,49	3,94	0,0807
Tratamiento	260264,93	3	86754,98	24,69	0,0009
Error	21086,17	6	3514,36		
Total	309050,07	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=105,47380**

Error: 3514,3624 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
3	879,44	4	29,64 A
2	788,17	4	29,64 A B
1	769,47	4	29,64 B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=139,13480**

Error: 3514,3624 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
50	1044,92	3	34,23 A
0	799,69	3	34,23 B
100	766,95	3	34,23 B C
75	637,87	3	34,23 C

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

**Leguminosa disponible (kg/ha MS) en el segundo pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. leg kg/ha	12	0,50	0,09	97,24

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30142,50	5	6028,50	1,22	0,4024
Bloque	24376,56	2	12188,28	2,46	0,1656
Tratamiento	5765,94	3	1921,98	0,39	0,7659
Error	29694,26	6	4949,04		
Total	59836,77	11			

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

**Raigrás disponible (kg/ha MS) en el segundo pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. RG kg/ha	12	0,87	0,76	33,57

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	469567,55	5	93913,51	7,84	0,0131
Bloque	324549,00	2	162274,50	13,55	0,0060
Tratamiento	145018,55	3	48339,52	4,04	0,0689
Error	71849,03	6	11974,84		
Total	541416,58	11			

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=194,69560**

Error: 11974,8389 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
2	476,55	4	54,71 A
1	404,11	4	54,71 A
3	97,16	4	54,71 B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=256,83094**

Error: 11974,8389 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
75	483,92	3	63,18 A
100	371,37	3	63,18 A B
50	242,00	3	63,18 A B
0	206,47	3	63,18 B

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

**Maleza disponible (kg/ha MS) en el segundo pastoreo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. maleza kg/ha	12	0,40	0,00	41,04

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11941,24	5	2388,25	0,80	0,5899
Bloque	8423,24	2	4211,62	1,40	0,3162
Tratamiento	3518,01	3	1172,67	0,39	0,7643
Error	18004,99	6	3000,83		
Total	29946,23	11			

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

### Restos secos disponible (kg/ha MS) en el segundo pastoreo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RS kg/ha	12	0,63	0,32	32,66

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18783,53	5	3756,71	2,02	0,2079
Bloque	3812,88	2	1906,44	1,03	0,4135
Tratamiento	14970,65	3	4990,22	2,69	0,1398
Error	11138,71	6	1856,45		
Total	29922,24	11			

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

### Anexo 6. Análisis de la regresión en la respuesta al agregado del nitrógeno

#### Análisis de regresión lineal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
PRODUCCIÓN	12	0,30	0,15	375814,64	185,23	187,17

#### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef.	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const.	1630,44	258,71	1045,20	2215,68	6,30	0,0001		
Tratamientos	13,02	11,84	-13,77	39,81	1,10	0,3000	2,21	11,36
Tratamientos <sup>2</sup>	-0,07	0,12	-0,33	0,20	-0,57	0,5852	1,32	11,36

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	784544,54	2	392272,27	1,94	0,1999
TRATAMIENTOS	719614,82	1	719614,82	3,55	0,0921
TRATAMIENTOS^2	64929,72	1	64929,72	0,32	0,5852
Error	1823713,71	9	202634,86		
Total	2608258,25	11			

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	784544,54	2	392272,27	1,94	0,1999
TRATAMIENTOS	784544,54	2	392272,27	1,94	0,1999
Error	1823713,71	9	202634,86		
Total	2608258,25	11			

## Anexo 7. Balance hídrico para el período abril – noviembre 2019

	P (mm)	ETP	P-ETP	Alm.	Var. alm.	ETR	Def. (mm)	Exc. (mm)
Marzo				0/110				
Abril	70,6	76	-5,4	0	0	70,6	-5,4	0
Mayo	99,7	50	49,7	49,7	49,7	50	0	0
Junio	202,4	41	161,4	110	60,3	41	0	101,1
Julio	28,2	53	-24,8	85,2	-24,8	53	0	0
Agosto	104,4	68	36,4	110	24,8	68	0	11,6
Setiembre	36,8	102	-65,2	44,8	-65,2	102	0	0
Octubre	205,8	52	153,8	110	65,2	52	0	88
Noviembre	98,6	135	-36,4	73,6	-36,4	135	0	0