

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA PRODUCTIVA DE UN CAMPO NATURAL SOMETIDO A  
NIVELES CRECIENTES DE INTERVENCIÓN

por

María ANDRÉ CABRERA  
María Belén PEDOJA BALPARDA  
Carolina RAMÍREZ FERNÁNDEZ

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2016

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. Pablo Boggiano

-----  
Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

-----  
Ing. Agr. Silvana Noëll

-----  
Ing. Agr. David Silveira

Fecha: 26 de julio de 2016

Autor: -----  
María André Cabrera

-----  
María Belén Pedoja Balparda

-----  
Carolina Ramírez Fernández

## AGRADECIMIENTOS

Al profesor Pablo Boggiano, por su continua dedicación para la realización de este trabajo.

A la Facultad de Agronomía, por darnos la oportunidad de formarnos académicamente.

A nuestra familia, por el apoyo incondicional que nos han dado, acompañándonos 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
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 CAMPO NATURAL.....	3
2.1.1 <u>Producción de forraje del campo natural</u> .....	3
2.1.1.1 Composición botánica y calidad del campo natural .....	3
2.1.2 <u>Producción animal en el campo natural</u> .....	5
2.1.3 <u>Malezas del campo natural</u> .....	5
2.2 EFECTOS AMBIENTALES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	6
2.3 EFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA PASTURA.....	8
2.3.1 <u>Efecto del pastoreo sobre la producción de forraje</u> .....	9
2.3.2 <u>Efecto del pastoreo sobre la composición botánica</u> .....	9
2.3.3 <u>Efecto del pastoreo sobre el consumo de la pastura</u> .....	11
2.4 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA PASTURA.....	12
2.4.1 <u>Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje</u> .....	14
2.4.1.1 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento de la pastura .....	17
2.4.1.2 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica y calidad de la pastura.....	17
2.4.2 <u>Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la ganancia de peso vivo animal</u> .....	19
2.4.3 <u>Efecto de las condiciones climáticas sobre la disponibilidad de nitrógeno</u> .....	21
2.5 INTRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS.....	21
2.5.1 <u>Época de siembra de las leguminosas</u> .....	23
2.5.2 <u>Fertilización fosfatada</u> .....	24
2.5.3 <u>Implantación y persistencia de leguminosas</u> .....	25
2.5.4 <u>Efecto de la introducción de leguminosas sobre la producción de forraje</u> .....	26
2.5.5 <u>Lotus tenuis</u> .....	27
2.5.6 <u>Trifolium pratense</u> .....	27

2.5.7 <u>Efecto de la introducción de leguminosas sobre la ganancia de peso vivo animal</u> .....	27
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	29
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO DE EVALUACIÓN .....	29
3.2 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.....	29
3.3 SUELOS .....	29
3.4 VEGETACIÓN .....	30
3.5 ANIMALES EXPERIMENTALES .....	31
3.6 TRATAMIENTOS.....	31
3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
3.8 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	33
3.8.1 <u>Manejo experimental</u> .....	33
3.8.2 <u>Determinaciones en la pastura</u> .....	33
3.8.2.1 Estimación de la materia seca presente .....	33
3.8.2.2 Estimación de la producción de materia seca.....	34
3.8.2.3 Estimación de la producción de materia seca ponderada .....	34
3.8.2.4 Estimación de la tasa de crecimiento del forraje .....	35
3.8.2.5 Estimación de la materia seca disponible .....	35
3.8.2.6 Estimación de la materia seca disponible diaria.....	35
3.8.2.7 Estimación de la materia seca desaparecida total .....	35
3.8.2.8 Estimación de la materia seca desaparecida ponderada .....	35
3.8.2.9 Porcentaje de materia seca desaparecida respecto a la disponible .....	35
3.8.2.10 Porcentaje de materia seca desaparecida respecto a la producida.....	35
3.8.3 <u>Determinaciones en los animales</u> .....	36
3.8.3.1 Carga .....	36
3.8.3.2 Unidades ganaderas por parcela .....	36
3.8.3.3 Carga total e instantánea .....	36
3.8.3.4 Oferta de forraje .....	36
3.8.3.5 Ganancia de peso vivo animal .....	36
3.9 HIPÓTESIS.....	37
3.9.1 <u>Hipótesis biológica</u> .....	37
3.9.2 <u>Hipótesis estadística</u> .....	37
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	37
3.10.1 <u>Modelo estadístico para la pastura</u> .....	37
3.10.2 <u>Modelo estadístico para el animal</u> .....	38
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	39
4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	39
4.1.1 <u>Temperatura y precipitaciones</u> .....	39

4.1.2	<u>Balance hídrico</u> .....	40
4.2	ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LA PASTURA .....	41
4.2.1	<u>Producción total, producción ponderada y tasa de crecimiento</u> .....	41
4.2.2	<u>Materia seca disponible, disponible diaria, oferta de forraje, materia seca remanente y desaparecida</u> .....	43
4.2.3	<u>Porcentaje de materia seca desaparecida/producida y de materia seca desaparecida/disponible</u> .....	45
4.2.4	<u>Altura pre pastoreo y remanente</u> .....	47
4.3	ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LOS ANIMALES .....	48
4.3.1	<u>Ganancia de peso vivo animal, oferta de forraje y carga</u> .....	48
4.4	COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA MATERIA SECA .....	50
4.4.1	<u>Materia seca total, materia seca verde y restos secos</u> .....	50
4.4.2	<u>Gramíneas invernales</u> .....	54
4.4.3	<u>Gramíneas estivales</u> .....	60
4.4.4	<u>Ciperáceas + Juncáceas, hierbas menores</u> .....	64
4.4.5	<u><i>Cirsium vulgare</i> + <i>Cardus spp.</i>, y leguminosas</u> .....	66
4.4.6	<u>Porcentaje de suelo descubierto, cobertura de malezas de campo sucio y de <i>Eryngium horridum</i></u> .....	69
4.5	CONSIDERACIONES FINALES .....	71
5.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	76
6.	<u>RESUMEN</u> .....	77
7.	<u>SUMMARY</u> .....	79
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	81

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción total, producción ponderada y tasa de crecimiento, según tratamiento .....	41
2. Producción total, producción ponderada y tasa de crecimiento, según historia de fertilización .....	42
3. MS disponible, MS disponible diaria, OF, MS remanente, MS desaparecida, según tratamiento .....	43
4. MS disponible, MS disponible diaria, OF, MS remanente, MS desaparecida según historia de fertilización .....	45
5. Porcentaje de materia seca desaparecida/producida y de materia seca desaparecida/disponible, según tratamiento .....	46
6. Porcentaje de materia seca desaparecida/producida y de materia seca desaparecida/disponible, según historia de fertilización .....	46
7. Altura pre pastoreo y remanente, según tratamiento .....	47
8. Altura pre pastoreo y remanente, según historia de fertilización .....	47
9. Ganancia de PV animal, oferta de forraje, carga total y carga instantánea, según tratamiento .....	48
10. Ganancia de PV animal, oferta de forraje, carga total y carga instantánea, según historia de fertilización .....	49
11. Materia seca total, materia seca verde y restos secos, según tratamientos .....	50
12. Materia seca total, materia seca verde y restos secos, según historia de fertilización .....	52
13. Materia seca verde desaparecida, según tratamiento .....	54
14. Materia seca verde desaparecida, según historia de fertilización .....	54

15. Gramíneas invernales totales y <i>Bromus auleticus</i> + <i>Stipa spp.</i> , según tratamiento .....	55
16. Otras gramíneas invernales perennes y anuales, según tratamiento ....	57
17. Materia seca desaparecida, y proporción de materia seca desaparecida de gramíneas invernales, según tratamiento.....	57
18. Gramíneas invernales totales y <i>Bromus auleticus</i> + <i>Stipa spp.</i> , según historia de fertilización .....	58
19. Otras gramíneas invernales perennes y anuales, según historia de fertilización .....	59
20. Materia seca desaparecida, y proporción de materia seca desaparecida de gramíneas invernales, según historia de fertilización .	60
21. Gramíneas estivales totales y tiernas + finas, según tratamiento .....	61
22. Gramíneas estivales ordinarias y duras, según tratamiento .....	61
23. Gramíneas estivales totales y tiernas + finas, según historia de fertilización .....	63
24. Gramíneas estivales ordinarias y duras, según historia de fertilización..	63
25. Ciperáceas + Juncáceas, hierbas menores, según tratamiento .....	64
26. Ciperáceas + Juncáceas, hierbas menores, según historia de fertilización .....	65
27. <i>Cirsium vulgare</i> + <i>Cardus spp.</i> y leguminosas, según tratamiento .....	67
28. <i>Cirsium vulgare</i> + <i>Cardus spp.</i> y leguminosas, según historia de fertilización .....	68
29. Suelo descubierto, cobertura de malezas de campo sucio y de <i>Eryngium horridum</i> , según tratamiento .....	69
30. Suelo descubierto, cobertura de malezas de campo sucio y de <i>Eryngium horridum</i> , según historia de fertilización.....	70

## Figura No.

1. Mapa de suelos del potrero.....	30
2. Mapa experimental del potrero .....	32
3. Registro mensual de precipitaciones y temperatura media del año 2014 y promedio de la serie histórica 2002-2014 .....	39
4. Balance hídrico, ETP y precipitaciones, julio-diciembre 2014.....	40

## 1. INTRODUCCIÓN

El campo natural es el principal recurso forrajero de las explotaciones ganaderas de nuestro país ya que constituye su principal fuente de alimentos, siendo la única en la mayoría de ellos (Rovira, 2008). En el 2011, el campo natural ocupaba el 64% del total de la superficie del Uruguay, mientras que el fertilizado y/o sembrado, el 4,2% (MGAP. DIEA, 2014).

La cobertura vegetal formada por gramíneas, plantas herbáceas y subarborescentes es la que define principalmente al campo natural (Berretta y Nascimento, citados por Berretta, 1996). Es el material geológico, el factor que define la variabilidad de la cobertura vegetal tanto en su composición botánica como su densidad, siendo el clima y la topografía del Uruguay, factores que afectan pero que no determinan la diversidad de tipos de campos.

Las principales limitantes que han sido detectadas en las pasturas naturales son: degradación de las pasturas más productivas, predominancia de especies ordinarias, ausencia parcial de leguminosas, acentuación de diferencias estacionales de producción y acción de agentes erosivos por reducción de la densidad del tapiz, todo esto debido al inadecuado manejo productivo (Zanoniani, 1997). Carámbula (1991), indica que el sobrepastoreo provoca una disminución en las especies invernales más productivas y que, debido a las bajas temperaturas invernales, dicha estación es la de menor producción de forraje.

Las especies que predominan son de ciclo estival (tipo C<sub>4</sub>), quienes logran sobrevivir en dicho ambiente de escasa fertilidad y expuestos a estrés hídricos, aunque son muy afectadas por las bajas temperaturas de invierno (Carámbula, 1996b).

Se debe considerar el bajo contenido de fósforo asimilable en los suelos del Uruguay, provocando el escaso desarrollo de las leguminosas, y como solución a dicho problema, se intenta incrementar la producción de forraje a través de los mejoramientos extensivos, corrigiendo la estacionalidad y mejorando la calidad (Carámbula, 1996b).

El nitrógeno también es limitante en nuestros suelos, por lo que la introducción de leguminosas en los mejoramientos extensivos es fundamental para la incorporación de dicho nutriente al ecosistema, favoreciendo las gramíneas asociadas (Carámbula, 1996b).

La fertilización nitrogenada ha sido evaluada a lo largo de los años y es otro método para mejorar la competitividad de las gramíneas en la cobertura vegetal, incrementando la productividad de forraje y reduciendo la fluctuación entre años (Hoglund et al., 1952). Provoca variaciones en las comunidades

vegetales, y sus incrementos en la producción de forraje trae como consecuencia incrementos en la producción animal (Ayala et al., 2012b).

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar la respuesta primaveral de una pastura natural con niveles crecientes de intervención, con leguminosa + fósforo y con nitrógeno + fósforo, bajo pastoreo rotativo, en:

- Producción de forraje.
- Evolución de la composición botánica.
- Producción animal.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CAMPO NATURAL

#### 2.1.1 Producción de forraje del campo natural

Las pasturas naturales del Uruguay se caracterizan por su marcada estacionalidad, siendo el invierno la época en la cual la oferta de forraje es la principal limitante para la producción animal (Ayala et al., 1993).

Presentan una gran variedad de especies, predominando las gramíneas y una baja contribución de leguminosas. A nivel de productividad, se observa una gran variabilidad, tanto en el tiempo como en el espacio. Mientras que el clima es el principal responsable en determinar la variación temporal, las características físicas y químicas del suelo determinan en mayor medida la variación espacial (Nabinger et al., 2007).

Según los tipos de suelo y condiciones meteorológicas, los rendimientos en producción de MS en el país varían entre 2500 y 5000 kg/ha/año de materia seca (Berretta y Bemhaja, 1991).

En general, el campo natural es deficiente en nutrientes fundamentales para la pastura, resultando en una baja productividad, bajo % de parición y ganancia de peso, provocando una menor producción de carne por hectárea (Gomes et al., citados por Larratea y Soutto, 2013). Dos herramientas fundamentales para incrementar esta baja producción en cantidad y calidad, son la fertilización y ajuste del sistema de pastoreo (Bermúdez y Ayala, 2005).

##### 2.1.1.1 Composición botánica y calidad del campo natural

Las comunidades herbáceas naturales están definidas por un gran número de variables, que interaccionan provocando el resultado en la composición botánica, indicando así la historia de la chacra. Si bien la composición botánica está compuesta por un gran número de especies, solo el 30% (10-17 especies) determina el 70% del forraje total, existiendo así, una fácil identificación de especies "base" (Olmos, 1990). A su vez, la carga animal, la historia del potrero, y la intensidad de uso, son las principales variables que determinan la composición botánica actual.

En toda pastura natural hay una mayor proporción de especies estivales respecto a las invernales, con un consecuente aumento de la producción primavera-estivo-otoñal (Berretta et al. 1990a, Carámbula 1991, Ayala et al. 1993, Montossi et al. 2000). Esto se explica por ser las especies estivales más

eficientes en el uso de nitrógeno que las invernales, adaptándose mejor a suelos de fertilidad baja, por lo que suelos de alta fertilidad, poseen una distribución estacional de producción de forraje más estable a lo largo del año. Por otro lado, Carámbula (1996b) confirma que en pasturas naturales las especies estivales son las que predominan, pero explica que esto ocurre por el sobrepastoreo que se ha dado a lo largo de los años sobre las especies invernales.

Los géneros de gramíneas estivales dominantes son *Andropogon*, *Axonopus*, *Bothriochloa*, *Bouteloua*, *Coelorhachis*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Eleusine*, *Eragrostis*, *Paspalum*, *Schizachyrium*, *Setaria* y *Sporobolus*; mientras que, los géneros de gramíneas invernales más encontrados son *Briza*, *Bromus*, *Hordeum*, *Lolium*, *Piptochaetium*, *Poa* y *Stipa* (Berretta et al. 1990a, Carámbula 1991, Montossi et al. 2000).

Además de las gramíneas también están presentes las leguminosas nativas que tienen como características principales su gran adaptación, calidad forrajera y capacidad de fijar nitrógeno a través de la simbiosis por medio de bacterias del género *Rhizobium* (Millot, citado por Jaurena et al., 2005).

Se ha constatado un mayor crecimiento diario de las gramíneas estivales frente a las invernales, principalmente en la primavera. Dentro de las gramíneas invernales, el *Bromus auleticus* fue quien presentó la mayor tasa de crecimiento en invierno, aunque en primavera y principios de verano, fue inferior a las demás especies invernales, mientras que para *Stipa setigera*, su mayor tasa de producción fue entre setiembre y noviembre (Berretta et al., 1990c).

En cuanto al establecimiento y vigor de plantas, en un experimento en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt (EEBR) en Cerro Largo, Boggiano (1990) clasificó a *Stipa setigera* y *Bromus auleticus* dentro de un grupo de especies de lento establecimiento y desarrollo inicial poco vigoroso, pero con mayor estabilidad de producción, manteniendo rendimientos de forraje constantes. A su vez, *Stipa setigera* y *Paspalum dilatatum* fueron las especies que presentaron mayor porcentaje de resiembra.

Respecto a la calidad del forraje, según Scaglia (2012), existe un alto contenido de fibra detergente ácido (FDA) en las distintas especies que conforman el campo natural. A mayor contenido de FDA, menor es la calidad de la pastura. Esta afectará el consumo animal, así como también diversos factores ruminales como llenado, tasa de pasaje, etc. A su vez, en la digestibilidad de la pastura incide el contenido de proteína (dado por el nitrógeno), el cual es bajo en el campo natural.

Además, luego de la espigazón, las gramíneas pierden de forma abrupta su valor alimenticio dado por una pérdida de su digestibilidad en promedio de un 0,5% por día (en raigrás 0,36% en hojas y 0,7% en tallos) (Dent

y Aldrich, citados por Carámbula, 2007b). Esta pérdida de digestibilidad se debe principalmente a una disminución en los contenidos celulares y un aumento de las paredes celulares (Carámbula, 2007b).

### 2.1.2 Producción animal en el campo natural

Para una eficiente producción animal, es necesario conocer la composición botánica del campo natural, los requerimientos de los animales en el pastoreo, y evaluar si dicha pastura logra cubrir estas necesidades. A su vez, es necesaria que la producción animal sea sostenida en el tiempo (Berretta et al., 1990c)

De esta manera, Scaglia (2012) establece que en primavera y verano las ganancias de peso animal son máximas, ya que coinciden con el rebrote de la mayoría de especies que conforman al campo natural (mayor calidad y cantidad de forraje). En un campo natural de Basalto, Pigurina et al. (1998) obtuvieron las ganancias animales más altas durante la primavera (0,6 – 1,0 kg/an/día).

En un experimento realizado en Rio grande do Sul, en pastoreo continuo, entre primavera y otoño, se obtuvieron 2075, 3488, 3723, 3393 kg/ha de MS para ofertas de forraje de 4, 8, 12 y 16 % de PV por día respectivamente. Mientras que las respectivas ganancias medias de peso vivo fueron 78, 133, 145 y 117 kg/ha (Nabinger, 1996).

### 2.1.3 Malezas del campo natural

Una de las malezas más importantes en todo el territorio nacional es, según Graf et al. (1998), la cardilla (*Eryngium horridum*). Presenta una alta diseminación, y una alta irregularidad en su presencia aún en campos próximos. Es muy afectada por las condiciones climáticas y el manejo del pastoreo, ya que el animal consume solo las hojas nuevas. El principal problema que ocasiona es la reducción del área de pastoreo cuando se encuentra en abundantes densidades, no permitiendo, por sus espinas, que el animal acceda al forraje disponible (Del Puerto, 1990). Afecta también a las demás especies forrajeras, compitiendo por luz, agua y nutrientes. Se obtuvo como resultado, que la producción se redujo en un 42,7%, con coberturas de 46-69% de cardilla (Montefiori y Vola, 1990).

## 2.2 EFECTOS AMBIENTALES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE

La producción de forraje en pasturas en estado vegetativo depende fundamentalmente de: la tasa de aparición de hojas (TAH), de la tasa de expansión de hojas (TEH) y de la vida media foliar (VMF). Estas tres variables morfogénicas son las que, principalmente, están determinando la estructura de la pastura, siendo ésta muy dependiente de las especies que la componen y del manejo que se hace de la misma (Lemaire y Agnusdei, 2000). Aunque estas variables son definidas genéticamente, pueden ser modificadas por factores ambientales como temperatura, nitrógeno y agua (Chapman y Lemaire, citados por Sevrini y Zanoniani, 2010).

La temperatura se considera el factor que determina la TC de la biomasa aérea (Anslow y Green, Guillet et al., citados por Azanza et al., 2004). En períodos de incremento de temperatura y/o aporte de nitrógeno, aumenta el crecimiento de la pastura y disminuye la senescencia (Lemaire y Agnusdei, 2000). A igual temperatura, si el nitrógeno no es limitante, la TEF es mayor en primavera que en otoño (García y Mazzanti, citados por Caresani y Juanicotena, 2008).

Según Lemaire y Agnusdei (2000), la TAF tiene una respuesta lineal a la temperatura, mientras que la TEF presenta una respuesta exponencial a la misma. Ambas respuestas presentan un umbral de temperatura menor para las especies C<sub>3</sub> y mayor para las especies C<sub>4</sub>. Así, el tamaño final foliar (TFF) tiende a decrecer desde otoño a invierno, relacionado a la tendencia general de la disminución de temperatura, y luego aumenta progresivamente con los incrementos de la temperatura durante la primavera.

La tasa de expansión de un nuevo tejido foliar en una planta, puede ser limitada por la producción o el uso de asimilatos. A su vez, el uso de asimilatos por los meristemas foliares está directamente determinado por la temperatura, que gobierna las tasas de división y expansión celular, creando una demanda de carbono y nitrógeno para proveer energía y material para la expansión del tejido foliar (Ben-Haj-Salah y Tardieu, citados por Lemaire y Agnusdei, 2000). Como las plantas crecen, mientras el suministro de asimilatos se incrementa como consecuencia de la expansión del área foliar (mayor captación de luz), el tamaño y número de meristemas también se incrementa y por lo tanto se mantiene un equilibrio entre la oferta y demanda de asimilatos (con ciertas fluctuaciones, en respuesta a las variaciones en niveles de radiación y temperatura). Gastal et al., citados por Lemaire y Agnusdei (2000), indican que en ausencia de estrés hídrico, la expansión de tejido foliar está directamente determinada por la temperatura y por la nutrición nitrogenada.

Los cambios ambientales provocan una alta disponibilidad de recursos en primavera y baja en el invierno, por lo que se da un mayor crecimiento de las especies forrajeras durante la primavera, y una mínima durante el invierno (Zanoniani, 1997).

Sin embargo, la tasa promedio de senescencia no responde inmediatamente a fluctuaciones en la temperatura, porque la porción de tejido foliar que senesce cada día, corresponde a una porción de hoja producida anteriormente. Las hojas producidas durante otoño senescen progresivamente durante el invierno y son reemplazadas por pequeñas hojas producidas durante las bajas condiciones de temperatura de esta estación, llevando a un balance negativo entre crecimiento y senescencia. El fenómeno contrario ocurre en primavera, obteniéndose un balance positivo entre ambos flujos (Lemaire y Agnusdei, 2000).

De manera semejante, Robson et al., citados por Lemaire (1997), indican que las primeras hojas que se mueren son aquellas que se produjeron al inicio del rebrote, quienes son en general más chicas que las que crecieron posteriormente, entonces la senescencia de las hojas en términos de flujo de masa, inicialmente depende de los nuevos tejidos producidos. Después del período inicial correspondiente a la VMF, la producción neta de tejido de hoja declina y se convierte en cero, cuando la hoja senescente se iguala al crecimiento foliar.

En períodos donde la temperatura es alta (primavera y verano), aumenta el déficit hídrico del suelo, lo que tiene como consecuencia un incremento en el porcentaje de restos secos vegetales, lo que disminuye la apetecibilidad por parte de los animales (Olmos, 1992).

Según Ayala et al. (1993) las variaciones entre años de la distribución estacional de las pasturas están dadas, principalmente, por las precipitaciones, y no tanto por las temperaturas, siendo el invierno y principios de primavera, los períodos que presentan menor variación.

En campos fertilizados con nitrógeno las precipitaciones, afectaron a la producción de MS, la que disminuye en años de sequía (Lorenz y Roglern, citados por Larratea y Soutto, 2013).

Al igual que para la temperatura, para distintas estaciones, Bermúdez y Ayala (2005) encontraron una asociación en primavera y verano entre la producción de MS y precipitaciones. Por cada mm de lluvia acumulado en la estación aumentó 2,1 kg/ha de MS en verano y 1,9 kg/ha de MS en primavera.

## 2.3 EFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA PASTURA

La fisiología de la planta es afectada por el disturbio creado por la defoliación y por la frecuencia en que ésta se repite. Dos tipos de respuesta a la defoliación existen en las plantas: 1) una respuesta fisiológica ligada a la reducción del carbono de reserva, resultando en la pérdida de área fotosintética (hojas), y 2) una respuesta morfológica resultando en cambios en la asignación de carbono para los diferentes órganos, lo que le permite a la planta adaptarse morfológicamente a futuras defoliaciones (Lemaire, 1997). A su vez, Blaser et al., citados por Sevrini y Zanoniani (2010), indican que el pastoreo afecta a la pastura a través de cuatro factores: rendimiento total y estacional, longevidad de las especies, composición botánica y estado fisiológico de crecimiento.

A su vez, García (1995) indica que varios factores hacen variar la estructura del tapiz, entre ellos el pastoreo. El mismo observó que pasturas bajo pastoreo rotativo son menos densas que aquellas bajo pastoreo continuo. En este sentido, Carámbula (1996b) sostiene que un pastoreo frecuente con buenas condiciones de humedad, estimula el macollaje, mientras que un pastoreo demasiado aliviado inhibe este proceso, llegando a provocar la muerte de macollos.

Según Carámbula (1996b), en un pastoreo rotativo el objetivo es alcanzar una mayor utilización de la pastura a través del equilibrio entre un alto rendimiento de kg/ha de MS y un máximo valor nutritivo. Así, los turnos de rotación se fijan de acuerdo a la cantidad de forraje disponible. Para lograr este objetivo, el autor indica que es fundamental trabajar con altas dotaciones. A su vez, dicho pastoreo rotativo permite un mejor control de malezas y equilibrio entre las especies componentes del mejoramiento, ya que la alta carga instantánea disminuye la selectividad de las especies más productivas.

Por otro lado, los animales tienen un efecto sobre la pastura, a través de devolución de los nutrientes al suelo por medio de sus deyecciones. Así, Parsons et al. (2011) indican que la mayor parte del nitrógeno consumido es devuelto al suelo a través de la orina. Solo un 25% de la materia orgánica (MO) ingerida de la vegetación queda en el ecosistema como MO con carbono y nitrógeno acoplados. Morón (1994), Lemaire (1997), agregan que el nitrógeno devuelto a través de la orina y heces es distribuido muy heterogéneamente en el espacio, llevando a una muy baja eficiencia de uso del nitrógeno y la creación de parches.

El pastoreo a través de su frecuencia e intensidad, y la estructura y estado de desarrollo de la pastura al momento de pastorear, influyen altamente en el desempeño de cualquier pastura, tanto en calidad como en cantidad de

producción a corto y largo plazo (Bransby et al., citados por Apezteguía et al. 1992, Ayala y Bermúdez 2005).

### 2.3.1 Efecto del pastoreo sobre la producción de forraje

El consumo animal afecta la producción de MS a través de qué tan intenso fue el pastoreo, ya que la tasa de rebrote de la pastura dependerá de la cantidad de puntos de crecimiento activos que permanezcan luego de la defoliación. Por esto es que hay que tener sumo cuidado al momento de decidir el manejo del potrero, ya que como en primavera hay altas TC, se tiende a realizar pastoreos muy frecuentes, disminuyendo así el potencial de producción de la pastura (Formoso, 1996). Por su parte, Carámbula et al. (1998) obtuvieron como resultado que para obtener una mayor producción de forraje y optimizar su utilización, son necesarios, en promedio del año, descansos de 60 días sin animales dentro del potrero. También, Berretta (2005) agrega que los tratamientos con carga rotativa logran una mayor producción de forraje respecto a los de carga continua, debido, en parte, a los períodos de descanso entre pastoreos.

El pastoreo logra un aumento en la productividad primaria neta a través de un efecto en la absorción de la luz, ya que impide la acumulación del material senescente y también modifica las condiciones microambientales alterando la absorción de agua y nutrientes (Altesor et al., 2005). En este sentido, Voisin, Younger, citados por Azanza et al. (2004), indican que los cortes (en este caso el pastoreo) permiten que llegue una cantidad de luz a la base de la pastura ideal para la aparición de nuevos macollos. Este macollaje puede ser estimulado a través de un pastoreo frecuente y buenas condiciones de humedad (Carámbula, 1996b). En el caso de presentarse un pastoreo demasiado aliviado, además de inhibirse este proceso, puede provocar la muerte de otras macollas.

En cuanto a la defoliación, manejos poco intensos con rastrojos de 12 cm, provocan el alargamiento de los entrenudos (Carámbula, 2007b). Lo que trae como consecuencia el pasaje a estado reproductivo, siendo menos apetecible para el animal.

### 2.3.2 Efecto del pastoreo sobre la composición botánica

Debido a que las pasturas naturales del Uruguay son heterogéneas, los animales en libre pastoreo prefieren unas especies sobre otras. Dicha selección contribuye a la reducción de las especies de mayor productividad, ya que continuamente son seleccionadas por el animal (Millot et al., 1987). Esto se

evitaría teniendo un correcto manejo del pastoreo, en cuanto a la carga, intensidad y frecuencia del mismo.

La frecuencia del pastoreo es la herramienta principal que determina la composición botánica de la pastura. Las pasturas naturales pastoreadas intensamente, presentan un número de especies inferior a 20; para aquellas con pastoreo semi intensivos este número está comprendido entre 20 y 30, mientras que con pastoreo poco intenso habría entre 30 y 50, hasta llegar a más de 50 en pasturas utilizadas de modo extensivo (Nabinger et al., 2007).

Desde el punto de vista de las especies que se promocionan o no con diferentes frecuencias de pastoreo, se sabe que bajo manejos más frecuentes se promocionan las especies postradas como *Paspalum notatum* y malezas enanas, mientras que con períodos de descanso más prolongados aumentan las especies cespitosas como *Paspalum quadrifarium*, *Paspalum dilatatum*, *Coeleorhachis seloana* y *Andropogon lateralis* (Olmos 1992, Carámbula 1996b, Pizzio y Rollo Pallarés 1998, Boggiano et al. 2005). Las especies más afectadas frente a un cambio en el período de descanso son las malezas y leguminosas, las malezas son deprimidas frente a pastoreos rotativos, mientras que las leguminosas tienden a aumentar (Carámbula et al., 2012).

Sin embargo, tanto en pastoreo continuo como rotativo, las producciones de forraje son similares, presentándose las especies estivales en mayor proporción que las invernales (Berretta et al., 1990a). Para aumentar la relación gramínea I/E, los períodos de descanso deberían ser más largos en invierno y principios de primavera, mientras que en verano deberían ser más cortos. Esto se debe a las diversas respuestas de las especies al clima que se dan a lo largo del año (Boggiano et al., 2005).

En cuanto a los tipos productivos, Berretta et al. (1990a) establecieron que los pastos ordinarios, fueron los de mayor proporción en una pastura bajo pastoreo rotativo, permitiendo que en los períodos de descanso *Schyzachyrium spicatum* y *Paspalum plicatulum* acumularan hojas viejas, disminuyendo así su apetecibilidad. Respecto a los pastos finos y tiernos, no hubo diferencias entre pastoreo continuo o rotativo, presentando las mismas especies.

Respecto al suelo descubierto, el pastoreo rotativo presenta ventajas frente al pastoreo continuo, ya que durante el período de descanso la pastura logra recuperarse más rápidamente, presentando un mayor recubrimiento. Por otro lado, la cantidad de restos secos en pastoreo rotativo es mayor que en continuo, debido a que las especies que presentan alta TAF y baja VMF, no son aprovechadas por los animales en los períodos de descanso, incrementando así su senescencia (Berretta et al., 1990a).

### 2.3.3 Efecto del pastoreo sobre el consumo de la pastura

Debido a la heterogeneidad en la composición botánica del campo natural, existe una importante selectividad por parte de los animales al momento de consumir la pastura, y como consecuencia, afecta tanto a la productividad animal como a la evolución del mejoramiento, (Hodgson, citado por Montossi et al., 1996). Así, McNaughton, citado por Berretta (1996), afirma que los animales prefieren ciertas comunidades dentro del mismo potrero, consumiendo aquellas zonas donde la vegetación es de mayor calidad. Dicha selectividad no solo repercute en la producción animal sino que también se realiza una defoliación desuniforme de la pastura (Harris, citado por Carámbula, 1996b).

Por otro lado, Azanza et al. (2004) evaluaron consumo en pasturas con y sin fertilización nitrogenada, y determinaron para *Bromus* y *Stipa*, que tanto éste como la tasa de defoliación fueron mayores en los tratamientos fertilizados. También Mazzanti y Lemaire, citados por Azanza et al. (2004) obtuvieron un incremento del 57% en la tasa de consumo en tratamientos con altos niveles de agregado de N, mientras que Rodríguez Palma (1998) encontró aumentos del 45% en el consumo animal. Todos estos autores concuerdan con que esta tasa de consumo está dada por el incremento en la carga animal en los tratamientos con nitrógeno.

En cuanto el efecto de la carga animal sobre el consumo, Soca et al. (1998) observaron que hay menor utilización de forraje cuanto menor es la intensidad de pastoreo (mayor oferta de forraje), teniendo como consecuencia una mayor altura de forraje rechazado. Según Mott (1960), si la pastura se encuentra por debajo de su óptimo de capacidad de carga, las ganancias por animal son mayores, ya que los animales tienen la capacidad de seleccionar y obtener una dieta de calidad, pero si la carga se encuentra por encima de su óptimo, la ganancia animal cae rápidamente.

El consumo de rumiantes desciende a medida en que la cantidad de forraje disponible se reduce y por lo tanto, aumenta la presión de pastoreo, lo que se refleja en una marcada reducción de la ganancia de peso animal. Es por esta razón que las presiones de pastoreo tienen que ser relativamente bajas para obtener una alta producción de carne animal. Si bien esto asegura un rápido crecimiento animal, falla en la utilización eficiente de la pastura (Hodgson et al., 1971). Cangiano (1997) indica que la presión de pastoreo está relacionada a la eficiencia de utilización a través del consumo, factor de mayor peso sobre la producción animal.

Por su parte, Mott (1960) establece que mientras el subpastoreo lleva a una acumulación de forraje que no es utilizado, el sobrepastoreo resulta en un menor plano de nutrición para el ganado y perjudica a la pastura.

En cuanto a la oferta de forraje (OF) sobre la pastura de campo natural, Mezzalana et al. (2008) concluyeron que por encima del 12% del peso vivo (PV), los intervalos de días de retorno son mayores que la tasa de aparición foliar, determinando la formación de maciegas, las cuales son rechazadas por los animales. Simultáneamente, Poppi et al., citados por Montossi et al. (2000), indican que una de las principales causas que disminuyen el consumo animal es la gran cantidad de material muerto presente en la pastura, lo que impide que el animal coseche el material verde. Esto se da, según Sevrini y Zanoniani (2010), cuando las OF son altas, debido a que el animal selecciona una dieta de mejor calidad, y esta mayor oferta provoca un mayor desperdicio de forraje, aumentando la tasa de senescencia total por macolla

En primavera, aumenta la producción de forraje, y si bien el animal comienza a ganar peso, sus requerimientos son menores que la oferta. Los pastos comienzan a endurecerse y se acumula material muerto que no es consumido por el animal, quienes seleccionan plantas jóvenes, de mayor calidad y menor altura, disminuyendo así el consumo animal. Una solución a esto sería la utilización de altas cargas, que logran una disminución en la selectividad animal (Zanoniani, 1997).

En cuanto a la probabilidad de defoliación, es posible notar que, mientras la edad de las hojas aumenta, las mismas son frecuentemente menos defoliadas (Mazzanti y Lemaire, citados por Lemaire y Agnusdei, 2000). A su vez, la probabilidad de defoliación de una hoja individual durante su largo de vida, depende directamente tanto de la carga animal como de la VMF de la especie considerada. Por esto es que si la producción de forraje es incrementada por algún factor de crecimiento, como la aplicación de N u otro mineral, temperatura y/o riego, se debe aplicar un correspondiente incremento en la carga animal para mantener el IAF promedio, y por lo tanto una mayor proporción de tejido foliar será removido por los animales. Lemaire y Chapman, citados por Lemaire y Agnusdei (2000), indican que la eficiencia de utilización de forraje en un sistema de pastoreo puede ser definida como la producción bruta de tejido foliar que es removida por el animal antes de comenzar el estado de senescencia.

## 2.4 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA PASTURA

En pasturas naturales, las gramíneas son el componente dominante y el nitrógeno se presenta como el nutriente más limitante para la producción de forraje (Ayala y Carámbula 1994, Morón 1994, Smith 1994).

Según Bemhaja (1994) el nitrógeno es fundamental para producir proteína y clorofila de gramíneas y leguminosas, logrando cumplir con su ciclo biológico; que incluye macollaje, elongación de la hoja, rebrote después del pastoreo y reproducción.

Por su parte, Lemaire (1997) considera que los procesos de fotosíntesis, pérdidas por respiración y la partición de C para las hojas y raíces están influenciadas por el nivel de N en planta y a su vez, la adquisición de N del suelo, tanto como N<sub>2</sub> fijado por las leguminosas o como N mineral absorbido por la plantas, depende de la adquisición de C por la planta, de ahí que resalta la importancia de estudiar en conjunto la dinámica del flujo de C y N. Gastal y Saugier, citados por Lemaire (1997), afirman que cualquier variación en C por la modificación de la intensidad de la luz, lleva a variaciones proporcionales en los niveles de N absorbidos.

Cuando no hay deficiencia de N, los niveles mínimos de N que necesita la planta para crecer, decrecen regularmente a medida que la planta se vuelve más grande, consecuencia de un aumento en la proporción de material estructural, debido a la inversión de N en tejido de soporte para poner estas nuevas hojas arriba del canopy en las áreas bien iluminadas. Por otro lado, a medida que se desarrolla la planta, una mayor proporción de hojas son sombreadas y parte del N de estas hojas es removilizado y traslocado a hojas en crecimiento (Lemaire y Gastal, Lemaire y Salette, Hirose et al., Lemaire et al., citados por Lemaire, 1997).

A su vez, Lemaire y Culleton, citados por Lemaire (1997) muestran que el 75% del N de las hojas fue reciclado dentro de la planta y solo el 25% fue perdido y devuelto al suelo a través de la senescencia y la caída de hojas no senescentes. Igualmente, cuando la senescencia de las hojas aumenta como consecuencia de una defoliación laxa e infrecuente, una mayor proporción de N necesario para el crecimiento de nuevas hojas puede ser provista por el reciclaje de N de las hojas senescentes, mientras que en un pastoreo más frecuente e intenso, dicha fuente de N no iba a ser posible.

Debido a que en la primavera las condiciones climáticas son las óptimas, Sevrini y Zanoniani (2010) observaron que en esta época del año, la limitante del crecimiento es el aporte de nutrientes.

Si bien la mayor respuesta al agregado de nitrógeno se da en primavera - verano por un predominio de las especies estivales, es en el invierno donde los animales presentan mayores restricciones de forraje. Como en dicha estación es donde se da la menor utilización del nitrógeno edáfico por parte de las pasturas, se aconseja fertilizar temprano en el otoño de manera de disponer del nutriente en la estación siguiente (Ayala y Carámbula, 1994). Con esto coinciden Mazzanti et al. (1997), quienes indican que en el invierno, existe una

carencia nutricional muy importante para los requerimientos de las gramíneas anuales invernales, ya que en esta estación los niveles de nitrógeno disponible en el suelo son mínimos. A esto, Smith (1994) agrega que del nitrógeno total en el suelo, el 90-95% se encuentra asociado a la fracción orgánica, no disponible para las plantas. Para que este nitrógeno pueda ser absorbido por los vegetales, se necesita de los procesos biológicos realizados por la biomasa microbiana, que transforman el nitrógeno orgánico en  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^+$ .

Por esto es que la aplicación de fertilizantes es un método para mejorar la cobertura vegetal en el suelo, incrementar el rendimiento y calidad del forraje, y facilitar el manejo del pastoreo (Hoglund et al. 1952, Ayala et al. 2012b). A su vez, la falta de nutrientes limita a la producción de forraje más que el déficit hídrico. El uso repetido de fertilizante redujo la fluctuación en producción de forraje entre años (Hoglund et al., 1952).

#### 2.4.1 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje

En cuanto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje, Larratea y Soutto (2013) obtuvieron un 24% más de forraje en primavera en el tratamiento 114N respecto al 60N. Los mismos, llegaron a una relación altura/producción de 170 kg/ha de MS por cm de altura en promedio de invierno-primavera, tanto para 60N como 114N, aumentando esta relación a medida que rebrotan las gramíneas estivales postradas, como el *Paspalum notatum*, mientras avanza la primavera. Lo cual concuerda con lo reportado por Azanza et al. (2004), quienes obtuvieron una producción 31% superior cuando se aplicó nitrógeno respecto a 0N.

Por otro lado, esta relación altura/producción de materia seca varía según la dosis de nitrógeno, ya que García et al. (2005) analizaron la regresión lineal de peso específico, encontrando que en primavera, el mismo disminuye a medida que aumenta la dosis de N. El mismo resultado obtuvieron Sevrini y Zanoniani (2010) en invierno, afirmando que se debe a la composición tisular de las plantas cuando se les agrega nitrógeno, ya que presentan mayores contenidos de agua, epidermis, parénquima esponjoso y clorénquima clorofiliano.

Dosis bajas de nitrógeno limitan el desarrollo de la planta durante la primavera, quien al final de esta estación debe haber generado hojas suficientes para captar luz en estado de reproductivo, y así generar semillas (Sevrini y Zanoniani, 2010).

La deficiencia de N afecta la partición de C para hoja/raíz. Belanger et al., citados por Lemaire (1997), demostraron que en una pastura de festuca sin limitaciones de N, un 15% del C recién fotosintetizado fue trasladado al

crecimiento de raíces y que esta proporción puede llegar a 40% cuando hay deficiencias de N, siendo menor esta proporción en la etapa reproductiva en primavera que en la etapa vegetativa de verano, ya que el objetivo es mejorar el crecimiento reproductivo antes que el de las raíces. Davidson, citado por Lemaire (1997), afirma que factores que afectan el aporte de C a las plantas, como la defoliación y el sombreado, elevan la proporción de C usado para el crecimiento de la hoja, mientras que factores que afectan la actividad meristemática de las plantas tales como la deficiencia de N y bajas temperaturas, llevan a un incremento del C traslocado a las raíces, dándole a la planta un equilibrio funcional entre raíces y hojas.

Dosis mínimas o nulas de nitrógeno llevan a menores disponibilidades de forraje en una oferta de forraje fija (Álvarez et al., 2013). Koukoura et al., citados por Álvarez et al. (2013), encontraron que en el primer año el tratamiento fertilizado duplicó en producción al testigo sin fertilizar, mientras que en el total de un período de 3 años, la fertilización aumentó en un 20% a la producción de forraje. Sin embargo, Ayala y Carámbula (1994) indican que la respuesta a la fertilización nitrogenada puede ser muy variable, dependiendo principalmente del año.

La rapidez de la respuesta al nitrógeno también está condicionada por la composición inicial del tapiz, siendo ésta acumulativa a través de los años (Berretta, 1996).

En un campo natural, con dominio de gramíneas invernales, Rodríguez Palma (1998), obtuvo un aumento del 44% en la producción de MS, aplicando una fertilización de 100 kg/ha/año de N.

En cuanto a la dosis de nitrógeno aplicada, Ball y Field (1982), afirman que en Nueva Zelanda los máximos incrementos en los rendimientos de las gramíneas, se obtuvieron con dosis en un rango entre 25 y 50 kg/ha de N. En especies templadas, para producir 10 ton/ha de MS, es necesario que estén disponibles 200 kg/ha de N, 50 kg/ha de P y 300 kg/ha de K (Carámbula, 1996b). Fernández Grecco et al. (1995) experimentaron fertilizar con distintas dosis de nitrógeno sobre una pastura dominada por *Lolium multiflorum*, *Bromus spp.* y *Stipa spp.*, obteniendo como resultado que la mayor TC vegetal en invierno-primavera se logró con dosis de 150 kg/ha de N.

A su vez, Álvarez et al. (2013) citan a diversos autores quienes observaron diferentes respuestas dependiendo de la dosis de N agregada. Lodge, citado por Álvarez et al. (2013), encontró que a partir de 34 kg/ha de N comienza a incrementar la producción de MS. Por otra parte, Smika et al., Klicher et al., Cosper et al., Black, Cosper y Thomas, citados por Álvarez et al. (2013), documentaron que escasas veces rangos mayores a éste aumentaban la producción. Por último, Westin et al., Smoliak, Manson y Miltimore, citados

por Álvarez et al. (2013) obtuvieron como resultado que rangos mayores a 68 kg/ha de N por lo general aumentaban la producción.

En cuanto a la respuesta estacional a la fertilización nitrogenada, Bermúdez y Ayala (2005) concluyeron que la misma es mayor en otoño, invierno y verano, mientras que en primavera la fertilización con P y K es la que genera mayor impacto.

Al estudiar el efecto de la producción de forraje con fertilización NP, Burgos de Anda (1974), determinó que bajo condiciones de fertilización, aumentó la marcada estacionalidad de producción que se da en los tratamientos de campo natural sin agregado de fertilizante. Así ascendieron las diferencias que se dan entre el verano y el invierno, pero también aumentó la producción de forraje total.

La fertilización nitrogenada otoño-invernal, ha provocado un desfase de la producción primaveral hacia una más invernal (Rebuffo, 1994). Aunque en esta época no debería llegarse a una excesiva acumulación de forraje, ya que aumentarían las pérdidas por material muerto y afectaría a las leguminosas mediante el sombreado.

La mayor producción de forraje debido a la fertilización nitrogenada, es lograda siempre que se trate a la pastura con una OF ajustada, de lo contrario, esta fertilización provoca una disminución en la producción (Zanoniani, 2009). Esto está explicado porque en los manejos más intensos es donde se permite el aprovechamiento del forraje producido en los estratos inferiores de la pastura, mientras que con manejos más aliviados no se logra cosechar el forraje en dichos estratos, envejeciéndose la pastura y perdiendo MS producida (Ayala y Bermúdez, 2005).

Por su parte, Rogler y Lorenz (1957) afirman que si bien la aplicación del N aumentó el rendimiento de la pastura, con pastoreos moderados y buenas condiciones ambientales, las diferencias entre tratamientos fertilizados y no fertilizados fueron menores respecto a pastoreos más intensos. Con menores lluvias, los rendimientos en pastoreos moderados fueron muy bajos, ya que la humedad en el suelo fue reducida por la previa extracción de las raíces más profundas. Por otro lado, con pastoreos intensos, las plantas al no poder desarrollarse bien, tuvieron raíces más superficiales y la previa extracción de agua fue menor, por lo que la humedad del suelo fue mayor. Con la aplicación de N, se logra que las raíces estén más desarrolladas y puedan ir más profundo en búsqueda de agua, lo que se traduce en mayores rendimientos a pesar de la falta de agua.

Con niveles bajos de nitrógeno existe una mayor producción de forraje cuando la oferta del mismo es mayor, ya que con mayores ofertas, los remanentes son mayores, por lo que existe una mayor área foliar y mayor

capacidad de realizar fotosíntesis (Boggiano et al., 2005). También, Lemaire (1997) explica que con niveles más altos de nitrógeno se favorecerá la producción de materia seca, si la oferta es menor, debido a que la TC es mayor, por lo que se logra reponer el área foliar más fácilmente y se llega antes al sombreado de especies de estratos inferiores, reduciéndose el ritmo de acumulación de forraje. Si se mantiene una remoción intensa (menor OF), el sombreado se atrasa y permite una mayor producción de forraje.

#### 2.4.1.1 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento de la pastura

En primavera, Berretta et al. (1998b) registraron una TC máxima de 19 kg/ha/día de MS en testigo sin fertilizar, y una máxima de 35 kg/ha/día de MS en los tratamientos fertilizados. Berretta (2005) agrega que la variación de la producción en campos fertilizados con N y P es mayor en todas las estaciones, excepto en primavera. Del mismo modo, Mazzanti et al. (1997) lograron duplicar la TC de forraje de raigrás comparando 100N respecto a 0N.

Por otra parte, Leafe et al., Wilman, Wilman y Wright, citados por Woledge y Pearse (1985), Robson y Parson, citados por Gastal y Belanger (1993), afirman que la nutrición nitrogenada influye en la capacidad fotosintética de la hoja del raigrás. La fotosíntesis está determinada por la capacidad de fotosíntesis de la hoja, el área de la hoja y la estructura de la planta. Agregan además, que el máximo crecimiento del canopeo se da con los más altos rangos de fertilización nitrogenada.

La nutrición nitrogenada puede afectar tanto a la TEF como a la TAF (Cruz y Boval, citados por Lemaire y Agnusdei, 2000), dependiendo del tipo morfológico de la especie. Para las especies cespitosas, mientras que la TEF y el tamaño foliar final (TFF) se incrementaron tres o cuatro veces con la aplicación de N, la TAF solo disminuyó 20%. Contrariamente, en una especie estolonífera, la aplicación afectó fuertemente a la TAF pero tuvo un pequeño impacto sobre la TEF y el TFF.

En tratamientos con altas fertilizaciones, la TC disminuye cuando se dan altas OF, ya que se genera sombreado y el forraje termina senesciendo, disminuyendo la eficiencia fotosintética (Álvarez et al., 2013).

#### 2.4.1.2 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica y calidad de la pastura

La fertilización nitrogenada trae como consecuencia cambios en la composición botánica de la pastura. Se ven incrementadas las especies de mayor respuesta, las que comienzan a competir con el resto del tapiz (Ayala y

Carámbula, 1994). Berretta et al. (1998b) observaron que aumenta notablemente la proporción de especies del tipo productivo fino y fino-tierno, disminuyendo las de tipo productivo ordinario, ordinario-duro y duro.

También, Cardoso et al. (2008), estudiaron el efecto residual de una fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de un campo natural y reportaron que a tres años de la última aplicación, había una mayor contribución de las especies anuales en aquellos tratamientos con dosis más altas de N, principalmente de raigrás anual (*Lolium multiflorum*).

Según Berretta (2005), la frecuencia de las especies invernales incrementa en los campos fertilizados. Dichos nutrientes elevan el nivel trófico del suelo, provocando un aumento en la especies C<sub>3</sub>.

Si bien con la mayoría de los fertilizantes, como fosfatados y potásicos, el efecto es producir mayor cantidad de MS, con el nitrogenado se logra también aumentar la calidad del campo nativo (Ayala y Carámbula, 1994). Esto se logra mediante el cambio en el balance de especies invernales/estivales, incrementando las primeras, quienes son de mayor calidad (Boggiano et al., 2005). A su vez, a dosis intermedias de agregado de nitrógeno, la mayor contribución de especies invernales está dada por *Bromus spp.* y *Stipa spp.* (Zanoniani et al., 2011).

Por su parte, Rogler y Lorenz (1957) consideran que las especies más invernales mostraron una alta respuesta al nitrógeno en la primavera temprana, aún en suelos con altos niveles de N totales, debido a que las bajas temperaturas no permiten la nitrificación y por lo tanto el N no está disponible para la planta.

Cowling, citado por Whitehead (1970b), indica que la estación de crecimiento puede ser extendida con el uso de fertilización nitrogenada.

Según Bemhaja (1994), mediante la fertilización nitrogenada en el invierno, se incrementó la TC de especies invernales de alto valor productivo, como *Bromus auleticus* y *Lolium multiflorum*. De esta forma se logra incrementar la calidad de la pastura. A estas especies, Azanza et al. (2004) agregan al género *Stipa*, que tuvo también un gran aumento en su TC, aunque algo menor que la del *Bromus*.

En un campo natural fertilizado, Montossi et al. (2000) encontraron que aumentó el porcentaje de especies invernales, respecto al campo natural sin fertilizar. De acuerdo con esto, Rodríguez Palma et al. (2008) obtuvieron que se redujo el porcentaje de las gramíneas estivales, malezas de campo sucio, malezas menores y enanas, y leguminosas. Por otro lado, Boggiano et al. (2005) remarcan que este aumento de especies invernales a niveles crecientes de N, se da con ofertas bajas.

A su vez, Berretta (2005) observó que para suelos de Basalto fertilizado con N, especies estivales de tipo productivo fino o tierno, como son el *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*, incrementan su frecuencia. *Bothriochloa laguroides*, de tipo productivo ordinario no se incrementa junto con *Schizachyrium spicatum*, ya que esta última es una especie de ambientes pobres. Las leguminosas nativas aumentan su frecuencia en un 5% mientras que las malezas de campo sucio como *Baccharis coridifolia* y *Baccharis trimera*, no aumentan con la fertilización.

También, Larratea y Soutto (2013), midieron un 10% más de gramíneas invernales en el tratamiento 114N que en el 60N, y en este, un 18% más de gramíneas estivales, principalmente de *Paspalum notatum*. Concluyen así que el tapiz con un tratamiento que presentaba dosis altas de N, se va volviendo más invernal debido a una sustitución de especies.

Por su parte, Zanoniani (2009) afirma que en dosis de hasta 180 kg/ha de N hay un aumento en la contribución de gramíneas invernales, en especial de *Bromus auleticus*, más aún con ofertas bajas.

A través de la fertilización nitrogenada Rodríguez Palma et al. (2004) observaron un aumento del 40 a 50% de gramíneas invernales, especialmente de especies finas, como el *Bromus auleticus*. Esto trae aparejado una mejoría en la calidad de la pastura, y en consecuencia, en la performance animal.

En pasturas fertilizadas se observó una mayor proporción de restos secos respecto a tratamientos sin fertilizar, si la defoliación no es correctamente controlada. Si en primavera la oferta es demasiado alta, existirá una tasa de senescencia tal que determinará una acumulación de estos restos secos (Lemaire, 1997).

La fertilización adicional en un campo que produce forraje para ganado (pastoreo), probablemente tenga diferencias en la calidad del alimento, además de las diferencias en cantidad producida (Hoglund et al., 1952).

#### 2.4.2 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la ganancia de peso vivo animal

En cuanto a la producción de peso vivo, si bien Larratea y Soutto (2013) obtuvieron una menor ganancia animal individual en 114N, lograron mayor producción de kg/ha de PV, como consecuencia de la mayor carga en este tratamiento, por el aumento de la producción de forraje.

Por otro lado, Azanza et al. (2004) obtuvieron como resultado una mayor producción de carne por hectárea comparando tratamientos que fueron sometidos a fertilización nitrogenada con los no fertilizados, pero sin diferencia de ganancia diaria por animal entre tratamientos.

En un campo sobre Basalto, Risso et al. (1998a), estudiaron la ganancia animal anual a través de distintas cargas, y demostraron que el tratamiento fertilizado y con baja carga (0,9 UG/ha) fue el que obtuvo mayor ganancia en promedio anual (0,45 kg/an/día), seguido del fertilizado con carga media (1,2 UG/ha), el cual obtuvo una ganancia de 0,39 kg/an/día. Además, encontraron que los tratamientos fertilizados con alta carga (1,5 UG/ha) y sin fertilizar con baja carga (0,9 UG/ha) no tuvieron diferencias significativas entre sí, siendo los de menor ganancia anual (0,20 kg/an/día). En primavera, obtuvieron ganancias cercanas a 1,0 kg/an/día, en el tratamiento fertilizado y con baja carga.

Por otro lado, Rodríguez Palma y Rodríguez Olivera (2010), en un pastoreo a altura constante (7-9 cm), obtuvieron, como promedio de siete años, una ganancia animal de 0,39 kg/an/día sin diferencias entre tratamientos fertilizados y no fertilizados, y una ganancia anual de 399 kg/ha en tratamientos fertilizados, siendo esta ganancia, significativamente el doble que en campo natural.

A su vez, Dougherty y Rhykerd, citados por Álvarez et al. (2013), confirman que la fertilización nitrogenada aumenta la producción animal por unidad de área dado que se puede incrementar la carga animal, manteniendo la performance individual. La misma sólo se podrá ver favorecida si la calidad y disponibilidad de forraje son mayores. Así mismo, Risso et al. (1998b), establecen que campos fertilizados con N y P incrementan las producción animal, en peso vivo por unidad de superficie, hasta tres veces más que los campos sin fertilizar.

La aplicación de nitrato de amonio en dos años consecutivos, en Oklahoma, incrementó la capacidad de pastoreo en un 33% y la ganancia de novillos jóvenes por hectárea (Rogler y Lorenz, 1957). Westin et al., citados por Rogler y Lorenz (1957), en el período de 1952-54 mostraron buenas respuestas de forraje a la aplicación de tres niveles de kg/ha de N, en pasturas que fueron pastoreadas a niveles alto, medio y bajo. La mejor respuesta se dio con cargas altas y con los mayores niveles de N aplicado. Todos los rangos de N produjeron efectos residuales en un período de tres años.

Respecto a la utilización de forraje, Hoglund et al. (1952) obtuvieron como resultado que en las parcelas fertilizadas, la fecha de inicio del pastoreo fue en promedio un mes y medio antes, y el período de forraje verde fue el doble (12 semanas), en comparación con parcelas sin fertilizar (6 semanas).

### 2.4.3 Efecto de las condiciones climáticas sobre la disponibilidad de nitrógeno

El clima, mediante el control sobre las especies de plantas y su crecimiento, y sobre la actividad microbiana, es el factor principal que determina el contenido de nitrógeno en el suelo (Jenny, citado por Smith, 1994).

Cuando la temperatura del suelo en los primeros 10 cm de profundidad es menor a 5,6°C, no ocurre crecimiento en la pastura, aunque haya sido agregado fertilizante nitrogenado. A temperaturas entre 5,6 y 8,3°C el crecimiento de la misma se ve incrementado por la fertilización nitrogenada. Mientras que a temperaturas del suelo por encima de 8,3°C, las tasas de crecimiento son similares en tratamientos con o sin agregado de nitrógeno (Blackman, citado por Whitehead, 1970a). Por otro lado, Parks y Fischer, Nielsen y Cunningham, citados por Whitehead (1970a), obtuvieron resultados similares, habiendo mayor respuesta al nitrógeno a temperaturas del suelo de 20°C respecto a 10°C y 30°C.

## 2.5 INTRODUCCIÓN DE LEGUMINOSAS

Las pasturas mejoradas están definidas por la introducción de semillas, y el agregado de fertilizante fosfatado sobre la cobertura natural (Rovira, 2008). Introducir leguminosas en un tapiz de campo natural es complementario a la fertilización, ya que éstas responden al agregado de fosfatos (Mas, 2012). Generalmente no hay respuesta a la fertilización fosfatada por sí sola si en la comunidad vegetal hay muy pocas leguminosas.

Para mejorar la calidad de la pastura, Berretta (1998a), Scaglia (2012) indican que es necesario el agregado de leguminosas, ya que éstas se encuentran en muy bajas proporciones naturalmente. También es indispensable el agregado de fósforo, debido a que los suelos del Uruguay carecen de dicho nutriente y el mismo es necesario para el buen establecimiento y persistencia de las leguminosas.

El método más común para la instalación de leguminosas es la siembra en cobertura (Carámbula, 1996b). Esta debería realizarse siempre y cuando la competencia del tapiz natural sea baja, o puede ser reducida por medio de diversos métodos. Con esto coinciden Carámbula (1991), Risso (1998b) quienes reafirman que ya sea fertilizando con fósforo, o introduciendo semillas por intersembrado en conjunto con el fertilizante, se estaría logrando mejorar una pastura. Para que la simple fertilización sea exitosa, es necesario que en el suelo haya una adecuada densidad y distribución de leguminosas, para que el

nutriente pueda ser utilizado, de lo contrario, deberán ser introducidas artificialmente (Carámbula, 1991).

Con el mejoramiento mediante siembra de leguminosas, se intenta introducir el nitrógeno al suelo de una forma económica (Ayala y Carámbula 1996, Zamalvide 1998), por lo que las especies elegidas deben ser capaces de persistir en la pastura, de modo de amortiguar los costos a lo largo de los años (Ayala y Carámbula, 1996). A su vez, para lograr una buena población de leguminosas, será necesario cubrir sus requerimientos de fósforo mediante la aplicación de fertilizante a lo largo del tiempo, en dosis adecuadas. Para lograr mantener activas las especies introducidas, se deberá refertilizar año a año, a pesar de que se haya utilizado una alta dosis inicial, y resembrar en caso de que fuera necesario, favoreciendo así las nuevas condiciones (Carámbula 1996a, Zamalvide 1998).

Durante la primavera es importante realizar un manejo que permita la semillazón para asegurar la resiembra, y una utilización moderada durante el verano que permita una buena persistencia del mejoramiento. En este sentido, conocer la fenología de las especies y variedades, es condición indispensable para tomar decisiones de manejo (Carriquiry, 2012).

De acuerdo con Ayala et al. (2012b), se debería realizar un manejo adecuado de primavera para evitar la acumulación de forraje, con el consiguiente desperdicio del mismo en cantidad y calidad. Los intervalos entre pastoreos deben ser breves y los pastoreos intensos, y se debería aliviar la carga a fines de primavera para permitir la semillazón. Durante el verano, evitar sobrepastoreos, utilizando bajas dotaciones para mantener remanentes adecuados.

En cuanto al aporte de N por medio de las leguminosas, Carámbula (2007a) establece que el mismo tiene como ventaja que depende menos de las condiciones climáticas que el agregado de N como fertilizante. De esta manera, las principales ventajas de la introducción de las leguminosas al sistema son: incrementos en los rendimientos de forraje por ser una fuente de N, aumentos de la calidad del forraje por mayor contenido de proteína, aportes de N en forma gradual lo que genera una mejor distribución del forraje a lo largo del ciclo de la pastura, conllevando todo esto a un aumento en el consumo animal.

En los mejoramientos existe una mejor calidad en primavera-verano que en el campo natural debido fundamentalmente al aporte de las leguminosas (Scaglia, 2012). Ayala et al. (2012b) obtuvieron como resultado que el campo natural tuvo 10% de proteína cruda y los mejoramientos extensivos 19%, y que estos últimos tuvieron menor FDA respecto al campo natural, 31% y 40% respectivamente.

Probablemente el fracaso del mejoramiento extensivo se deba a errores, o a que no se cumplen alguna de las etapas del mejoramiento tales como: manejo previo del campo, siembra, fertilización inicial, manejo del primer ciclo productivo, refertilizaciones y manejo de utilización una vez que las especies incorporadas al tapiz están plenamente establecidas. Si falla la implantación, la única solución es la resiembra. Mientras que si hay problemas durante la vida útil del mejoramiento, éste si tuvo manejo adecuado de resiembra, debería persistir, por ejemplo, activando el “banco de semillas” (Mas, 2012).

### 2.5.1 Época de siembra de las leguminosas

Para lograr una buena germinación y desarrollo inicial de las especies introducidas, es necesario disponer de condiciones ambientales adecuadas, como buena humedad del suelo y temperaturas no muy bajas. De esta manera, se define el otoño como la época de siembra más recomendada (Risso, 1998b). Según Carrquiry et al. (1998), el hecho de atrasarse en la época de siembra, traerá como consecuencia una disminución en la implantación de las especies, viéndose afectada su contribución a la pastura. Carámbula (1996b) coincide con lo antes mencionado, e indica que el éxito de la implantación está definido en que en las primeras semanas se den buenas condiciones de humedad y una temperatura del suelo entre 15° y 25°, permitiendo una germinación rápida y homogénea.

Por su parte, Suckling, Blackmore, Robinson y Cross, citados por Vidiella (1972), reportan que la siembra debe ser realizada en el momento en que el tapiz nativo sea menos competitivo. Mas (2012) indica que cuanto más agresividad y fortaleza tenga el tapiz vivo en el que se realiza la cobertura, disminuyen las posibilidades de implantarse la semilla sembrada.

Siembras muy tempranas compiten con un tapiz estival en activo crecimiento y pueden sufrir estrés hídrico importante, mientras que siembras tardías tienen lenta germinación y crecimiento inicial por las bajas temperaturas, en la que se le agrega riesgo de muerte de plántulas por heladas (Bermúdez, 2012).

Por su lado, Carámbula (1996b) considera que puede existir una siembra de mejoramientos en primavera. En dicha estación se dan las condiciones de humedad y temperatura adecuadas para una correcta germinación, pero será mayor la competencia por parte del tapiz natural, ya que éste también se encuentra en pleno crecimiento. De esta forma las especies introducidas tendrán que enfrentar esta agresividad y posibles períodos de sequía con sistemas radiculares poco desarrollados.

Cabe agregar, que existe una interacción entre fecha de siembra y la dosis inicial de fósforo, siendo el mismo, menos eficiente a medida que se atrasa la fecha de siembra (Carámbula, 1996b).

### 2.5.2 Fertilización fosfatada

El fósforo es el nutriente imprescindible para la implantación y mantenimiento de la producción en pasturas, y a su vez, puede modificar la composición botánica dado que existen comportamientos diferenciales entre especies. Los niveles óptimos de fertilización fosfatada dependerán tanto de los suelos, como de las especies que se encuentren presentes (Vidiella 1972, Ayala y Bermúdez 2012a, Bermúdez 2012, Mas 2012).

Las leguminosas son promovidas por fertilizaciones a la siembra para su implantación, y se deben refertilizar anual o bienalmente con fosfatos para poder persistir en la pastura. Poblaciones eficientes de leguminosas se logran más rápido con los más altos niveles de P, elevándose más rápido la fertilidad del suelo, logrando una mejor productividad de las pasturas (Carámbula, 2007b).

El fósforo se encuentra deficiente en gran parte de los suelos del país, y a diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno, que se puede fijar desde la atmósfera, su único ingreso es a través del fertilizante (Morón, 1996). Además de este bajo nivel de fósforo, el suelo tiene una gran habilidad de retenerlo, debido a los contenidos de óxidos de hierro libres y arcilla (Escudero y Morón, 1978). Con esto coincide Rovira (2008), quien manifiesta que la deficiencia de fósforo en los suelos del Uruguay, es el motivo por el cual hay una escasa contribución de las leguminosas en las pasturas naturales.

En el invierno es el momento donde se dan las mayores respuestas al agregado de fertilizante fosfatado, ya que debido a las bajas temperaturas de esta época, el fósforo del suelo se encuentra menos disponible para el crecimiento de las plantas (Zamalvide, 1998).

Por otro lado, Hatchondo, citado por Vidiella (1972), establece que la fertilización fosfatada en campo natural no mostró un cambio en la producción ni composición botánica en el primer año, sino que fue recién al segundo año cuando aumentó el porcentaje de leguminosas nativas de un 5% a un 42% con la fertilización, y la producción se triplicó.

En trabajos de fertilización en pasturas donde aparecían leguminosas, se encontró que los aumentos en producción dependían más de la habilidad de cada especie de leguminosa para adaptarse a cada ambiente en particular, que de su habilidad para responder a la fertilización (Rabotnov, citado por Vidiella, 1972). De igual modo, Mas (2012) registró que las especies sembradas tienen

mayor exigencia de fósforo que las adaptadas a los suelos de la región, quienes presentan requerimientos más bajos.

En lo que se refiere a fuentes de fósforo, existen solubles e insolubles. Mientras superfosfato (soluble) se adapta más a suelos de pH elevado, la fosforita (insoluble) es más eficiente en suelos ácidos, incluso supera al superfosfato en los mismos (Mas, 2012).

### 2.5.3 Implantación y persistencia de leguminosas

Tanto el establecimiento como la persistencia, son los problemas más frecuentes en la introducción de las leguminosas. A su vez, dichos problemas están relacionados con un mal manejo, que no favorece a estas especies (Berretta y Levratto, 1990b). El primer año es muy importante la correcta instalación de las especies introducidas que aseguren una pastura vigorosa y persistente (Carámbula 1996b, Ayala et al. 2012b).

Según Carámbula (1996b) la humedad del suelo es necesaria para lograr que las plántulas se enraícen profundamente, ya que a falta de ésta, las raíces permanecerían superficialmente siendo susceptibles a una futura sequía. Vidiella (1972) establece que para obtener éxito en la siembra de leguminosas, es fundamental que las plántulas tengan la capacidad de establecerse a través de la competencia con la pastura nativa por humedad, luz y nutrientes, y para que esto ocurra definitivamente, se debe dejar transcurrir cierto tiempo. Cullen y During, citados por Vidiella (1972), indicaron que dicho tiempo correspondería a catorce meses.

De acuerdo con lo anterior, Bermúdez (2012), Carámbula (1996b) indican que para una buena implantación en siembras en cobertura, es necesario tener en cuenta ciertas características de suelo como: compactación del suelo, mineralización limitada de nutrientes, almacenamiento bajo de agua, presencia de cepas salvajes, falta de contacto semilla-suelo, competencia del tapiz natural. Esta última se puede controlar con pastoreos que debiliten el tapiz o si los tiempos son escasos, mediante herbicidas. A su vez, para lograr un buen establecimiento es importante efectuar cierto acondicionamiento del tapiz: controlar la presencia de la vegetación nativa (ya sea por medio del pastoreo, control mecánico, quema y/o herbicidas), elevar la disponibilidad de fósforo, sembrar en fecha adecuada, utilizar técnicas adecuadas de inoculación, sembrar con suelo húmedo y favorecer el contacto semilla-suelo.

Por otro lado, es importante una efectiva nodulación a través de la bacteria altamente específica *Rhizobium*, responsable de la fijación biológica del N, siendo fundamental el fósforo para realizar el proceso simbiótico. Mientras que para mantener una buena persistencia de las especies

introducidas, será necesario realizar adecuados manejos de resiembra natural, refertilización y defoliación (Carámbula, 1996b).

#### 2.5.4 Efecto de la introducción de leguminosas sobre la producción de forraje

En cuanto a la producción de forraje, Carámbula (1977), Castro (1980), Risso (1990c), coinciden en que la introducción de leguminosas, junto con la fertilización, aumentan tanto la calidad como la cantidad de las pasturas naturales, superándolas entre un 50 y 100% en la producción. A su vez, estas especies traen como consecuencia la incorporación del nitrógeno al suelo a un bajo costo, pero lentamente. Esto confirma lo reportado posteriormente por Carámbula (1991), quien obtuvo que mediante el uso de leguminosas asociadas se puede eliminar la principal limitante de la producción forrajera, que es el bajo nivel de N.

Por su parte, Risso y Morón (1990b), establecieron en la siembra de un mejoramiento en 1984, que el lotus o su mezcla con trébol rojo, fueron quienes obtuvieron la mayor producción en el primer año respecto a las demás mezclas (trébol rojo, trébol carretilla, Tb + Tc + L, y trébol blanco) y al campo natural. En el segundo año, caracterizado por condiciones ambientales favorables, se registró que el promedio de los distintos mejoramientos, más que duplicó la producción en comparación al campo natural, quien también se vio beneficiado por dichas condiciones, incrementando al doble su rendimiento. También se observó que las mezclas con lotus fueron las que presentaron siempre los más altos rendimientos, variando por el método de siembra. Del mismo modo, Risso et al. (1990a) establecieron que el *Lotus corniculatus* y *Lotus tenuis*, fueron los que superaron a las demás mezclas en la producción del segundo año, con el menor coeficiente de variación.

Las leguminosas como el *Trifolium*, solo bajo condiciones ambientales favorables logran un excelente comportamiento, mientras que si las condiciones no son las adecuadas, no prosperaran (Carámbula, 2007a).

Según Risso y Morón (1990b), en un suelo de la región de Cristalino, la composición botánica predominante se adaptó a la fertilización y a la introducción de leguminosas al voleo. Mientras que a largo plazo, el trébol rojo no logró adaptarse a las características de este suelo.

Por su parte, Bemhaja (1998) experimentó con distintas mezclas de leguminosas y obtuvo como resultado que para el primer año de siembra, el trébol rojo tuvo un mayor establecimiento y contribución. En el segundo año se redujo a la mitad su producción, desapareciendo en el tercer año. Es una especie que se comporta como biennial, debido a la susceptibilidad a enfermedades de raíz y corona.

Las leguminosas son las que definen el aumento en calidad de los mejoramientos, no proporcionando tanta importancia las gramíneas invernales (Bemhaja, 1994). Esto es reafirmado por Risso (1998b), quien indica que estas especies no sólo incrementan la producción de forraje, sino que a su vez, aumentan el valor nutritivo de la pastura.

#### 2.5.5 Lotus tenuis

El *Lotus tenuis* es descrito por Carámbula (1996a) como una especie perenne estival; con muy buena persistencia mediante resiembra natural; tolerancia al exceso de agua; responde bien al agregado de fósforo, aunque tiene bajos requerimientos del mismo; lento crecimiento inicial y muy resistente al pastoreo.

El género *Lotus*, además de tener un excelente valor nutritivo, tiene la ventaja de que no provoca meteorismo (Carámbula, 1996b). Jones y Lyttelton, citados por Carámbula (1996b), indican que esto es debido a la baja solubilidad de las proteínas de las hojas, y a la presencia de taninos en el contenido celular.

#### 2.5.6 Trifolium pratense

*Trifolium pratense* es una especie de hábito de vida bienal y presenta ciclo invernal; requiere suelos fértiles y profundos; con muy buen vigor inicial; alto valor nutritivo; buena semillazón; y tiene como desventaja su alto riesgo de meteorismo (Carámbula, 1996b).

*Trifolium* es un género que se adapta ampliamente a diferentes ambientes y se destaca su habilidad para introducir nitrógeno en el suelo, pero Burton, citado por Carámbula (1996b), indica que cada especie necesita su rizobium específico para ser efectiva.

#### 2.5.7 Efecto de la introducción de leguminosas sobre la ganancia de peso vivo animal

Para lograr incrementar la producción animal, es necesario que las leguminosas no sólo se encuentren en una alta proporción, sino que también estén en el estrato superior de la pastura, accesibles para el animal (Montossi et al., 2000).

Los mejoramientos con leguminosas se deben utilizar con ganado vacuno liviano durante el año de establecimiento, ya que si bien pueden afectar

las plántulas por pisoteo no efectúan el pastoreo selectivo que realizarían los lanares (Carámbula, 1996b).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO DE EVALUACIÓN

El experimento se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el km 363 de la ruta General Artigas no. 3, departamento de Paysandú, Uruguay ( $32^{\circ} 20' 9''$  latitud Sur y  $58^{\circ}$  longitud Oeste), en un área del potrero 18. El período de evaluación del experimento fue desde principios de primavera (29/9/2014) al inicio de verano (22/12/2014), dividiéndose en dos ciclos de pastoreo, desde el 29/9/2014 al 17/11/2014 y del 17/11/2014 al 22/12/2014.

#### 3.2 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

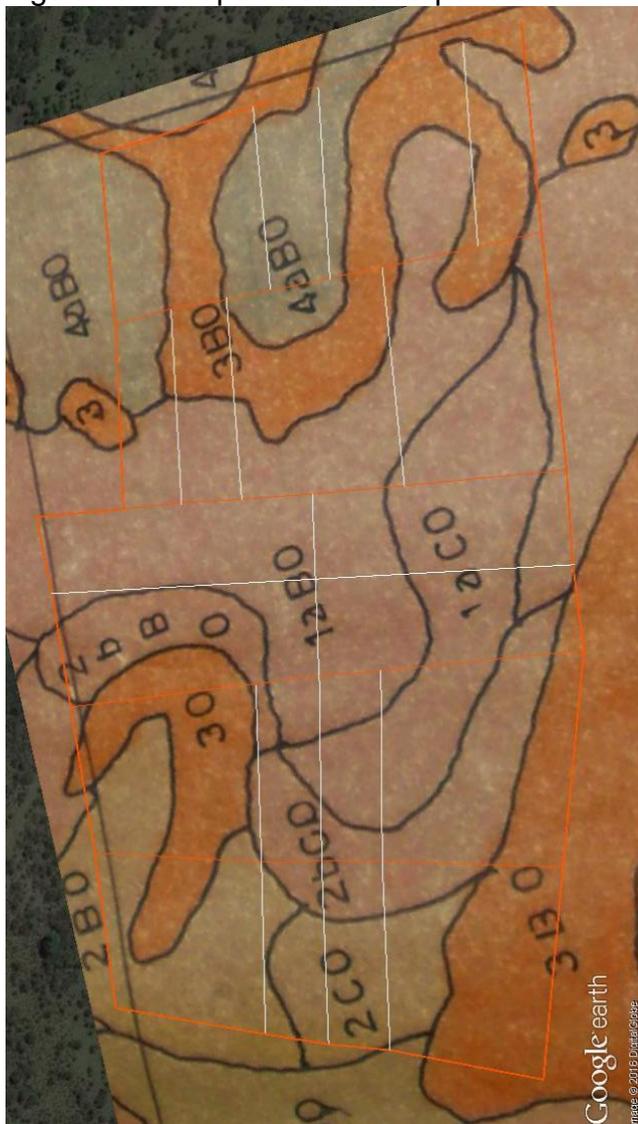
Para evaluar las variables temperatura y precipitaciones, se obtuvieron los datos de la estación automática de la EEMAC, para el período 2002-2014. A su vez, también se analizaron las condiciones del tiempo para el año en estudio y se realizó un estudio comparativo entre ellos.

#### 3.3 SUELOS

El área experimental se encuentra sobre un suelo de la Unidad San Manuel de acuerdo a la clasificación de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976). Se caracteriza por ser Brunosoles Éutricos típicos, asociándose con Brunosoles Éutricos Lúvicos y Solonets, y como accesorios Litosoles Éutricos Melánicos y Planosoles Éutricos Melánicos, desarrollados sobre Lodolitoas de la formación Fray Bentos (Bossi, 1969). En cuanto a la pendiente, la misma se caracteriza por ser moderada y tener lomadas suaves (Durán, 1985).

El área experimental presenta una alta variabilidad de suelos, como se aprecia en la Figura no. 1.

Figura no. 1. Mapa de suelos del potrero



Referencias: 4a- Planosoles Étricos (de alto), 3- Solonetz Solodizados (blaqueales), 1a- Litosoles Étricos Melánicos, 2b- Litosoles, 2- Brunosoles Étricos típicos.

### 3.4 VEGETACIÓN

El sitio donde se realizó el experimento, consiste en un área de campo natural virgen, que se encuentra pastoreado por ganado vacuno. Dentro de ésta, existe una zona (bloque 5) que presenta historia previa de fertilización nitrogenada y fosfatada (Larratea y Soutto, 2013).

La vegetación del área en estudio, presentó tres estratos. Un estrato alto dominado por especies arbustivas del monte parque como *Acacia caven* (espinillo) y *Prosopis affinis* (ñandubay) como especie asociada. Por otro lado, en el estrato medio aparecen los renuevos pos-tala de las especies del estrato alto y además se encuentran diversas malezas de campo sucio como *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata* DC, *Baccharis trimera*, *Eupatorium buniifolium* Hook ex Arn. y *Eryngium horridum* Malme, entre otras (Larratea y Soutto, 2013).

Por último, el estrato inferior está conformado por gramíneas principalmente, tales como *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Setaria geniculata* (Lam) Beauv. y *Paspalum plicatulum* como especies estivales y *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa megapotamia* Spreng ex Trin, *Stipa setigera* como especies invernales. Respecto a las leguminosas asociadas se destacan *Desmodium incanum*, *Adesmia bicolor* y *Trifolium polymorphum* (Larratea y Soutto, 2013).

### 3.5 ANIMALES EXPERIMENTALES

Los animales utilizados fueron novillos de sobreaño de la raza Holstein, cuyo peso promedio al inicio del experimento fue de  $182 \pm 23,6$  kg. Se les realizó a todos los animales, previo al inicio del experimento, un tratamiento sanitario que incluye un endo y ectoparasitario. Posteriormente no se volvió a realizar ningún tratamiento. Los animales fueron asignados a los tratamientos al azar, previa estratificación por peso vivo.

### 3.6 TRATAMIENTOS

Los tratamientos se corresponden a 3 niveles de intervención sobre el CN, siendo dos niveles de fertilización nitrogenada, 60 kg/ha (60N) y 120 kg/ha (120N) de nitrógeno bajo forma de urea, aplicando la dosis fraccionada en mitades a inicios de primavera. Por otro lado se realizó el tratamiento campo natural mejorado (CNM) que consistió en la siembra en cobertura de 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cv. Matrero y 6 kg/ha de *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116. Junto con la siembra de las leguminosas y las fertilizaciones nitrogenadas se realizó una fertilización de 100 kg/ha de 7-(40/40)-0 + 4% S. Por último, el tratamiento testigo campo natural (CN), no recibió siembras ni fertilizaciones.

La zona denominada bloque 5 corresponde a un campo natural con historia de fertilización NP. El mismo cuenta con dos aplicaciones de 60 kg/ha (60N B5) y dos repeticiones de 120 kg/ha (120N B5) de nitrógeno bajo forma de

urea, también en dosis fraccionada, y junto a las fertilizaciones nitrogenadas se realizó una fertilización de 100 kg/ha de 7-(40/40)-0 + 4% S. Se consideran tratamientos distintos del resto por presentar nitrógeno residual y se realiza un estudio comparativo entre éstos tratamientos y los fertilizados solo el primer año.

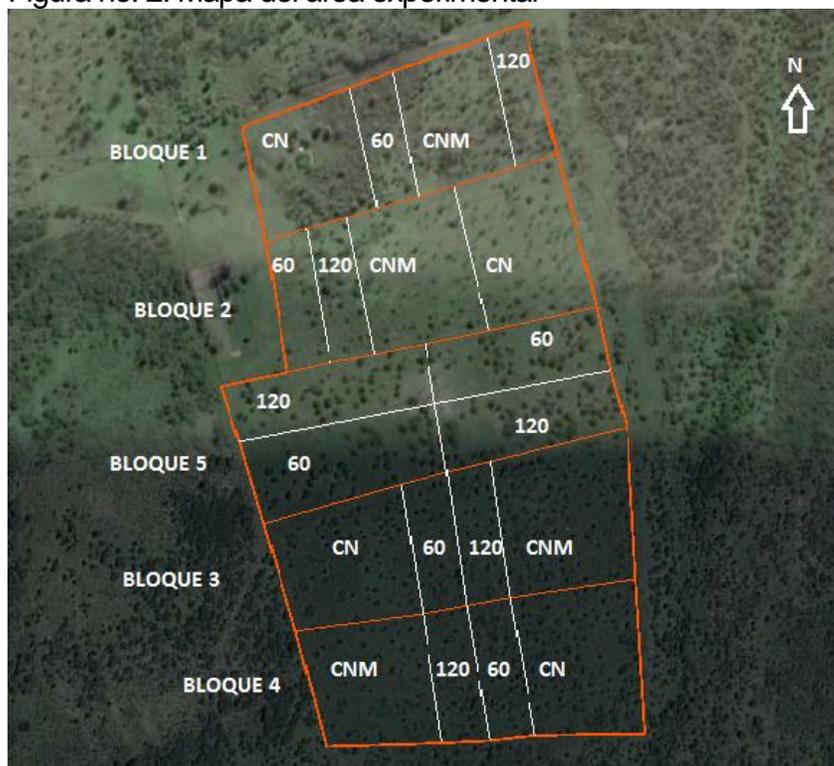
### 3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue en bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. Los criterios de bloqueo fueron las pendientes y los tipos de suelo.

Cada bloque (excepto el 5) fue dividido en cuatro parcelas de diferente tamaño según el tratamiento, obteniendo las siguientes superficies promedio: 60N: 0,26 ha, 120N: 0,26 ha, CNM: 0,71 ha y CN: 0,72 ha. La distribución de éstas dentro de los bloques fue al azar.

Por otro lado, el bloque 5 fue dividido en cuatro parcelas, siendo de una superficie en promedio de 0,58 ha las parcelas correspondientes a 60N B5 y de 0,53 ha las de 120N B5.

Figura no. 2. Mapa del área experimental



## 3.8 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 3.8.1 Manejo experimental

Se utilizó un sistema de pastoreo rotativo con dotación fija, el cual consistió, para el primer ciclo, en 13 días de pastoreo y 37 días de descanso, totalizando un ciclo de pastoreo de 50 días para los lotes de animales manejados en los bloques 1 al 4. Para el bloque 5 el período de pastoreo fue igual al período de descanso, resultando en un total de 50 días. En el segundo ciclo de pastoreo los días de pastoreo fueron de 9 días y 27 días de descanso en los bloques 1 al 4. En el bloque 5 los períodos de pastoreo y descanso fueron iguales y de 26 días cada uno.

El número de animales asignados fue en función del tamaño de la parcela, asignando nueve animales para los tratamientos CN y CNM, y cinco para los tratamientos 60N y 120N de los bloques 1, 2, 3 y 4. Mientras que para las parcelas de los tratamientos 60N B5 y 120N B5 se utilizaron seis animales.

### 3.8.2 Determinaciones en la pastura

#### 3.8.2.1 Estimación de la materia seca presente

Para la estimación de la MS presente previo al ingreso de los animales (MS pre pastoreo) y posterior a la salida de los animales (MS remanente) se aplicó el método de doble muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975) combinado con el método Botanal (Tothill et al., 1992). Este método permite la estimación de la contribución porcentual al forraje presente de especies y/o grupos previamente establecido. Para este trabajo se establecieron trece grupos: 1- *Bromus auleticus*, 2- *Stipa spp.*, 3- otras gramíneas invernales perennes, 4- gramíneas anuales invernales, 5- gramíneas perennes estivales tiernas y finas, 6- gramíneas perennes estivales duras, 7- Ciperáceas y Juncáceas, 8- hierbas menores y enanas, 9- cardos, 10- gramíneas perennes estivales ordinarias, 11- restos secos, 12- leguminosas y 13- gramíneas anuales estivales. A su vez, se estimó a través del método visual, el porcentaje del suelo descubierto, y la cobertura de malezas de campo sucio (MCS) y de *Eryngium horridum*. Cabe aclarar que si bien los cardos son considerados malezas de campo sucio, éstos se estimaron como un grupo aparte porque son anuales y se espera una respuesta distinta al N.

Para determinar los kg/ha de MS se probaron dos métodos: escala visual y medidas de altura del forraje. Para el método de escala visual se definieron cinco puntos para cada período de muestreo, en la cual el 1

representa la menor cantidad de forraje presente y el 5 la mayor. Para el método de altura de forraje se realizaron cinco medidas de altura dentro de cada cuadro de escala visual. Para la determinación de altura se registró la altura de la hoja verde más alta que contactaba con una regla graduada en cm (Cayley y Bird, 1991).

Se cortaron tres repeticiones para cada uno de los cinco valores de la escala, con tijera de aro a 1 cm de altura desde el suelo, dentro de cuadros de 0,5 x 0,5 m. A las mismas se les determinó el peso fresco y seco luego de permanecer en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 hs. Con el peso seco se calculó los kg/ha de MS por muestra.

Luego con los pares de valores de kg/ha de MS y altura del forraje (cm) y con los kg/ha de MS y valores de la escala visual, se ajustaron las ecuaciones de regresión que relacionan la altura de la pastura y los kg/ha de MS presente o valor de escala visual y kg/ha de MS presente, respectivamente. En todos los casos fue testada la validez estadística de las ecuaciones de regresión.

La metodología de trabajo consistió en muestreos sistemáticos con cuadros de 0,50 x 0,50 m, asignándole un valor de escala, tomando tres medidas de altura y estimando la composición botánica por grupo de especies. El número de muestras analizadas fue de 30 en las parcelas fertilizadas con nitrógeno, 50 en las parcelas de CN y CNM y 40 en las parcelas del bloque 5.

En el primer ciclo de pastoreo se midió remanente únicamente mediante el método de altura, realizándose 100 mediciones en las parcelas de CN y CNM y 50 en las parcelas de 60N, 120N, 60N B5 y 120N B5. En el segundo ciclo, el remanente se midió por altura y escala de apreciación visual.

Se ingresaron los datos de altura o de escala en la planilla Botanal, según el método seleccionado junto con los parámetros a y b de la función de regresión, obteniéndose así los kg/ha de MS total y por grupo de especie.

### 3.8.2.2 Estimación de la producción de materia seca

La producción de MS corresponde a la suma del forraje producido en cada ciclo de pastoreo. Dichas producciones fueron obtenidas como la sumatoria entre lo producido en los períodos de descanso (diferencia entre los kg/ha de MS presente al inicio del pastoreo y los kg/ha de MS remanente del pastoreo anterior) más lo producido durante el período de pastoreo ( $TC \cdot \text{días}$ ).

### 3.8.2.3 Estimación de la producción de materia seca ponderada

Fue calculada como la producción de cada ciclo de pastoreo por los días correspondientes a cada ciclo, sobre el número de días del ciclo total.

#### 3.8.2.4 Estimación de la tasa de crecimiento del forraje

La tasa de crecimiento (TC) fue calculada como la producción de MS acumulada entre el remanente al final de un pastoreo y la MS presente al inicio del siguiente pastoreo, dividido el número de días entre dichos pastoreos.

#### 3.8.2.5 Estimación de la materia seca disponible

La MS disponible (MSdis) se estimó como la suma de la MS presente al inicio de cada período de pastoreo más la producción de MS durante el período de pastoreo ( $TC \times \text{días de pastoreo}$ ).

#### 3.8.2.6 Estimación de la materia seca disponible diaria

La MS disponible diaria se estimó como la MS disponible sobre el total de días de pastoreo.

#### 3.8.2.7 Estimación de la materia seca desaparecida total

La MS desaparecida (MSdes) se calculó restando la MS remanente a la MS disponible del período de pastoreo.

#### 3.8.2.8 Estimación de la materia seca desaparecida ponderada

La MS desaparecida ponderada fue calculada como la desaparecida de cada ciclo de pastoreo por la cantidad de días correspondientes a cada ciclo, sobre el número de días del período total.

#### 3.8.2.9 Porcentaje de materia seca desaparecida respecto a la disponible

El porcentaje de MS desaparecida respecto a la disponible, se calculó dividiendo los kg/ha de MS desaparecida entre los kg/ha de MS disponible, multiplicándose por 100. ( $MSdes\% = MSdes/MSdis \times 100$ ).

#### 3.8.2.10 Porcentaje de materia seca desaparecida respecto a la producida

El porcentaje de MS desaparecida respecto a la producida, se calculó dividiendo los kg/ha de MS desaparecida entre los kg/ha de MS producida, multiplicándose por 100. ( $MSdes\% = MSdes*/MSproducida \times 100$ ).

### 3.8.3 Determinaciones en los animales

#### 3.8.3.1 Carga

Para determinar la carga en kg de peso vivo por ha (kgPV/ha) se pesaron mensualmente los animales con previo ayuno de 12 horas. Se convirtió el dato de PV de la parcela a hectárea.

#### 3.8.3.2 Unidades ganaderas por parcela

Se define una unidad ganadera (UG) como los requerimientos de una vaca de 380 kg en mantención (Crempien, 2008). Para el cálculo de las UG por parcela se dividió los kg de PV animal de cada parcela, entre 380.

#### 3.8.3.3 Carga total e instantánea

Para la estimación de la carga total se calcularon las UG y se dividieron por la superficie total de cada tratamiento, mientras que para la carga instantánea, las UG se dividieron sobre la superficie de la parcela al momento en que pastoreaban. Se calcularon para cada período y luego se ponderaron para el total del período.

#### 3.8.3.4 Oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) se define como, la asignación de materia seca cada 100 kg de PV animal. Se calculó como, los kg de MS disponible por parcela por días de pastoreo, dividido los kg de peso vivo.

#### 3.8.3.5 Ganancia de peso vivo animal

Para el cálculo de la ganancia individual en kilogramos por día (kg/an/día) se restó del peso final el inicial de cada animal en cada período y se dividió entre los días del mismo. Las ganancias individuales fueron corregidas por peso vivo inicial y edad de los animales.

### 3.9 HIPÓTESIS

#### 3.9.1 Hipótesis biológica

- El efecto de la fertilización nitrogenada en la pastura permitirá incrementar la producción de forraje.
- El aumento en la producción de MS, permitirá incrementar la carga animal.
- La fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas permitirán promover las especies de mejor tipo productivo lo cual mejorará la calidad de la pastura aumentando la ganancia animal.

#### 3.9.2 Hipótesis estadística

- $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$
- $H_a$ : al menos una de las medias de los tratamientos es diferente.

### 3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.10.1 Modelo estadístico para la pastura

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

Siendo:

- $Y$  = variable de interés
- $\mu$  = media general
- $t_i$  = efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento
- $B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque
- $\xi_{ij}$  = error experimental

Se realizó el análisis de varianza entre tratamientos y en caso de existir diferencias, se realizó el análisis comparativo de medias utilizando Tukey con una probabilidad del 10%.

### 3.10.2 Modelo estadístico para el animal

$$Y_{ij} = \mu^* + \gamma_i + \beta_1 PI + \beta_2 EI + \xi_{ij}$$

Siendo:

- $Y$  = variable de interés
- $\mu^*$  = intercepto
- $\gamma_i$  = efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento
- $\beta_1$  = coeficiente de regresión de la covariable PI
- $\beta_2$  = coeficiente de regresión de la covariable EI
- PI = peso animal al inicio del experimento (covariable)
- EI = edad animal al inicio del experimento (covariable)
- $\xi_{ij}$  = error experimental

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

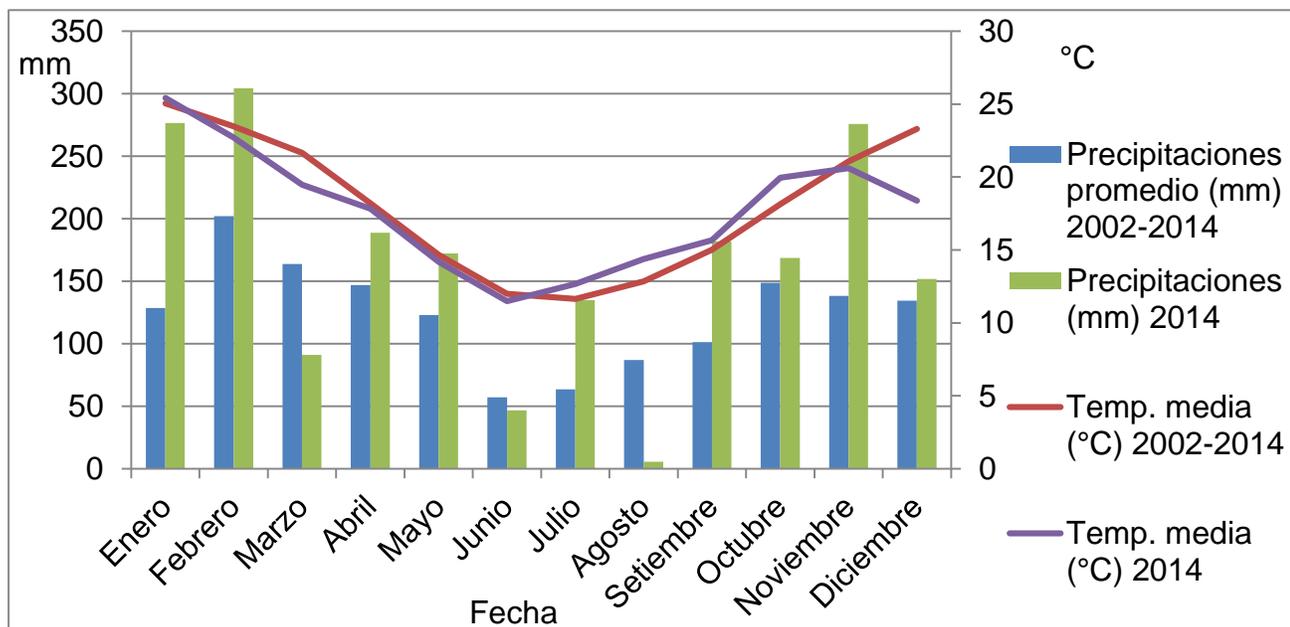
### 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

#### 4.1.1 Temperatura y precipitaciones

Las temperaturas registradas para el año 2014, durante el período en que transcurrió el ensayo, fueron levemente superiores para los meses de setiembre y octubre (1°C y 2°C respectivamente), en noviembre se lograron igualar dichas temperaturas, mientras que para el mes de diciembre, disminuyeron un 21% respecto al registro de los años 2002-2014.

Al comparar las precipitaciones, se observó que para el año en estudio, se registraron 33% más precipitaciones respecto al promedio de los años 2002-2014. Para los meses setiembre-diciembre dicho porcentaje se corresponde a un 49%. Se destaca que en el mes de agosto, las precipitaciones fueron casi nulas para el año 2014, siendo éstas de 6mm. Fue en el mes de noviembre donde se dieron las mayores diferencias, siendo las mismas el doble

Figura no. 3. Registro mensual de precipitaciones y temperatura media del año 2014 y promedio de la serie histórica 2002-2014



#### 4.1.2 Balance hídrico

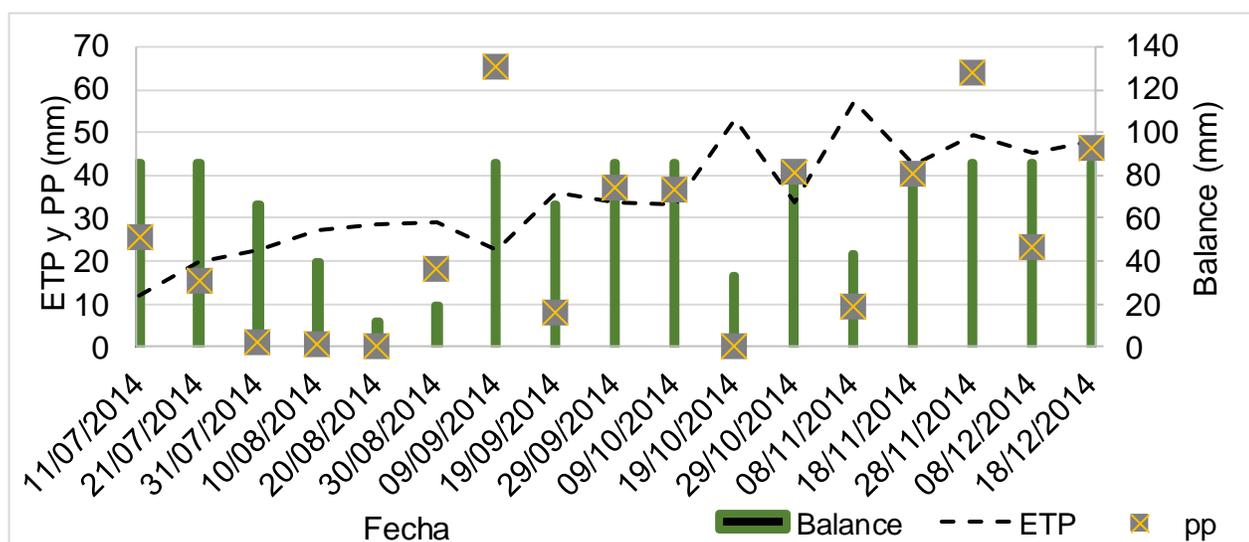
Se realizó un balance hídrico Thornthwaite-Mather (Pereira, 2005) para el período en estudio, donde se utilizaron las precipitaciones, la evapotranspiración, el índice del cultivo y la capacidad de almacenaje de agua del suelo (CAAD) del sitio experimental. Según Molfino y Califra (2001), la capacidad de almacenaje de agua para la zona es de 86mm.

En la Figura no. 4 se observa el balance hídrico del suelo para el período julio-diciembre y su relación con la ETP y las precipitaciones. El estudio comienza el 11 julio, ya que es la primera fecha del invierno donde el suelo logra llegar a su capacidad de campo (86 mm). Se evaluaron los registros cada 10 días, obteniéndose períodos decádicos.

Para todo el período de estudio, el balance hídrico fue positivo, registrándose en agosto la menor acumulación de agua en el suelo. Esto es debido a que para dicho mes, las precipitaciones descendieron a 6 mm y si bien la ETP se encontraba en continuo ascenso, ésta no fue lo suficientemente alta como para generar un balance hídrico negativo, pero sí para registrar las menores acumulaciones de agua en el suelo, además de que el suelo previamente se encontraba cercano a su capacidad máxima de acumulación de agua.

Por otro lado, para la primer y segunda década del mes de julio, la segunda década de setiembre, la primer y segunda de octubre y para el mes de diciembre, el suelo llega a su capacidad de campo. Las precipitaciones, junto con la acumulación previa de dichas décadas, fueron mayores a la ETP correspondiente de cada momento.

Figura no. 4. Balance hídrico, ETP y precipitaciones, julio-diciembre 2014



Se puede concluir, que para el período de estudio, el suelo logra estar la mitad del tiempo a capacidad de campo sin presentar períodos de déficit hídrico. Dichas condiciones son las que van a explicar posteriormente las altas tasas de crecimiento de la pastura para los tratamientos CN y CNM.

## 4.2 ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LA PASTURA

### 4.2.1 Producción total, producción ponderada y tasa de crecimiento

La producción total y ponderada (Cuadro no. 1) son dependientes de los ritmos diarios de crecimiento, por lo que al no existir diferencias estadísticamente significativas en las producciones, tampoco las hubo en las tasas de crecimiento.

Cuadro no. 1. Producción total, producción ponderada y tasa de crecimiento, según tratamiento

Tratamiento	Producción de MS total (kg/ha)	Producción de MS ponderada (kg/ha)	TC de MS (kg/ha/día)
CN	2120	1155	30
CNM	2592	1386	37
60N	2526	1389	37
120N	2283	1231	32
DMS	1356	718	20

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

El crecimiento estacional de una pastura está definido principalmente por la temperatura y radiación, siendo la temperatura determinante de la tasa de crecimiento (Anslow y Green, Guillet et al., citados por Azanza et al., 2004). Lemaire y Agnusdei (2000) explican dicho comportamientos de la TC a través de la sensible respuesta que tiene la TEF frente a los aumentos en la temperatura.

Las temperaturas base indicadas por Lemaire y Agnusdei (2000) para especies C<sub>3</sub> son entre 5 y 17 °C, mientras que para las especies C<sub>4</sub> el rango es de 12 a 20°C. Debido a que en el invierno, las temperaturas para el año 2014 fueron mayores a estos rangos, tanto las especies C<sub>3</sub> como las C<sub>4</sub>, lograron tener un buen comportamiento.

Por otro lado, las temperaturas óptimas de crecimiento para especies C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> son de 20 a 25°C y de 30 a 35°C respectivamente (Cooper y Tainton, citados por Larratea y Soutto, 2013). Como se observa en la Figura no. 3 las

temperaturas promedio en el período en estudio se encontraron entre 16 y 21°C, por lo que la producción de forraje en primavera estaría explicada principalmente por especies C<sub>3</sub>.

A modo comparativo, Boggiano et al. (2005), obtuvieron como resultado en la EEMAC, una producción en primavera de 1700 kg/ha, mientras que en la zona Este, Bermúdez y Ayala (2005), obtuvieron 1000 kg/ha, también en la primavera. Por otro lado, Berretta et al. (1998b) registraron en primavera, una TC máxima de 19 kg/ha/día de MS en testigo sin fertilizar, y una máxima de 35 kg/ha/día de MS en los tratamientos fertilizados. Larratea y Soutto (2013) obtuvieron en el mismo período, tasas de crecimiento de 32 y 26 kg/ha/día para tratamientos 114N y 60N respectivamente. En cambio, Garín et al. (1993) en la EEMAC; obtuvieron valores tanto de producción como de TC similares a los del presente experimento. Estos antecedentes demuestran que se está frente a un campo natural de alta producción.

Por otro lado, se esperaban aumentos en la TC de los tratamientos fertilizados, pero por tratarse del primer año de fertilización, y con solo la mitad de la dosis, el efecto del nitrógeno no se visualizó. Berretta (1988), indica que la eficiencia de producción de MS/kg nutriente aumenta progresivamente del primer al tercer año de fertilización, concluyendo que es un proceso lento.

A su vez, en el año 2014 las lluvias fueron superiores a la media histórica, lo que demuestra que el nitrógeno aplicado podría haberse perdido por lixiviación. Con esto concuerdan Ayala y Carámbula (1994), indicando que la respuesta a la fertilización nitrogenada es muy variable dependiendo del año, lo que determina la disponibilidad del nitrógeno y su eficiencia de uso.

Cuadro no. 2. Producción total, producción ponderada y tasa de crecimiento, según historia de fertilización

Tratamiento	Producción de MS total (kg/ha)	Producción de MS ponderada (kg/ha)	TC de MS (kg/ha/día)
60N	2526	1389	37
60N B5	3069	1544	34
120N	2283	1231	32
120N B5	2871	1448	32
DMS	2557	1361	30

No hay diferencias significativas (p-valor>0,10).

En el análisis según historia de fertilización, tampoco hubo diferencias entre tratamientos para TC y producción.

Esto podría estar explicado dado que el bloque 5, que se esperaba que fuera el de mayor respuesta, presentó una OF muy baja (Cuadro no. 4), lo que pudo haber perjudicado a la producción. Si bien presenta historia de fertilización, transcurrió un año y medio sin aplicaciones, además de que aumentó la contribución de raigrás.

Sin embargo, el resultado de producción de MS para el tratamiento 60N B5 se ajusta con el modelo de respuesta planteado por Álvarez et al. (2013):  $y = 587 + 23,8 N + 370,5 OF - 0,04 N^2 - 0,07 OF * N + 0,67 OF$ , obteniendo como resultado de la ecuación 3490 kg/ha MS, valor similar a lo obtenido en el experimento con 30 kg/ha de N y OF 6% de PV.

Por otro lado, se puede observar que en los tratamientos con historia de fertilización, se obtienen mayores valores de producción de MS con menores TC respecto a los tratamientos sin historia de fertilización. Esto se explica porque los días de pastoreo en el bloque 5 fueron mayores que en el resto de los bloques, teniendo más tiempo para producir mayor kg/ha de MS.

#### 4.2.2 Materia seca disponible, disponible diaria, oferta de forraje, materia seca remanente y desaparecida

Como se pudo observar en el Cuadro no. 1, la TC no difirió entre tratamientos, por lo tanto, el forraje disponible y disponible diario tampoco variaron (Cuadro no. 3). Tal como lo indican Nabinger et al. (2007), la disponibilidad diaria de MS depende del forraje residual y de la TC del período. Ésta está influenciada por el residuo anterior (debido a la condición del IAF y las reservas de las plantas), por las condiciones climáticas (radiación solar, temperatura y agua) y por la disponibilidad de nutrientes del suelo.

Cuadro no. 3. MS disponible, MS disponible diaria, OF, MS remanente, MS desaparecida, según tratamiento

Trat.	MS disponible (kg/ha)	MS disponible diaria (kg/ha/día)	OF (% de PV)	MS remanente (kg/ha)	MS desaparecida (kg/ha)
CN	2709	258	10,0	1998	842
CNM	3149	305	12,0	2267	883
60N	3283	315	9,0	2200	1050
120N	3155	302	8,5	2309	847
DMS	764	76	4,0	629	842

No hay diferencias significativas (p-valor>0,10).

La OF es el factor que más incide en la MS remanente, ya que determina la intensidad de pastoreo (Álvarez et al., 2013). Debido a que no existieron diferencias significativas en la OF ni en el forraje disponible, tampoco las hubo en los kg/ha de MS remanente ni desaparecida.

Estudiando el efecto de la OF sobre la pastura de CN, Mezzalira et al. (2008) concluyeron que por encima del 12% del PV, se promueve la formación de maciegas, por lo que dicha OF sería el límite máximo al cual se podía manejar el pastoreo sin deteriorar la pastura. A su vez, Maraschin (2001) reafirma que en un campo natural de Rio Grande do Sul, la OF de 12%, maximizó la TC, producción de MS y kg de ganancia animal por hectárea.

La capacidad de consumo de un bovino es aproximadamente un 2-2,5% de su PV. Sin embargo el máximo consumo por animal se alcanza cuando no hay limitación física y cuando el animal tiene la máxima posibilidad de selección de su dieta. Esto ocurre cuando el animal tiene a su disposición de cuatro a cinco veces más de los que puede consumir por día. O sea, que el animal debe tener a su disposición entre un 10-13% PV de forraje en MS (Nabinger et al., 2007).

Mientras que para los tratamientos fertilizados con nitrógeno, las OF óptimas se ajustan a la ecuación obtenida por Álvarez et al. (2013):  $y = 474 + 12,8N + 251OF - 0,02N^2 - 0,60OF*N - 3,51 OF^2$ . Para los kg/ha de MS disponible obtenida en 60N (3283 kg/ha), se corresponde una OF de 14% de PV. En el tratamiento 120N con una MS disponible de 3155 kg/ha, se obtiene como resultado una OF de 12% de PV.

Por otro lado, según historia de fertilización (Cuadro no. 4), tampoco hubo diferencias significativas entre tratamientos en MS disponible, ya que las TC entre tratamientos fueron similares (Cuadro no. 2). Sin embargo, debido a que en los tratamientos con historia de fertilización los días de pastoreo fueron mayores, la MS disponible diaria y la oferta de forraje fueron menores que en el resto de los tratamientos (p-valor: 0,002 y 0,0007, respectivamente).

Cuadro no. 4. MS disponible, MS disponible diaria, OF, MS remanente, MS desaparecida, según historia de fertilización

Trat.	MS disponible (kg/ha)	MS disponible diaria (kg/ha/día)	OF (% de PV)	MS remanente (kg/ha)	MS desaparecida (kg/ha)
60N	3283	315 A	8,9 A	2200 A	1050 B
60N B5	3518	141 B	6,0 BC	1446 B	2071 A
120N	3158	302 A	8,5 AB	2309 A	847 B
120N B5	3473	108 B	5,5 C	1143 B	1704 AB
DMS	1306	107	2,6	479	935

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

Si bien los tratamientos 120N y 60N B5 presentan niveles intermedios de OF sin diferencias significativas entre sí, al realizar un contraste entre los tratamientos con historia de fertilización versus sin historia de fertilización, se obtuvo como resultado diferencias significativas ( $p$ -valor: 0,003) entre los mismos, siendo mayor la OF para los tratamientos con el primer año de fertilización.

De esta manera, en los tratamientos con historia de fertilización hubo una mayor intensidad de pastoreo, por lo que el forraje remanente fue menor ( $p$ -valor: 0,04), y la MS desaparecida fue mayor ( $p$ -valor: 0,03), respecto a 60N y 120N. Esto coincide con lo hallado por Soca et al. (1998), quienes encontraron que hay mayores utilidades de forraje cuanto mayor es la intensidad de pastoreo, obteniendo como consecuencia una menor cantidad de forraje rechazado.

#### 4.2.3 Porcentaje de materia seca desaparecida/producida, y de materia seca desaparecida/disponible

En el Cuadro no. 5, se puede observar que no hubo diferencias significativas entre tratamientos para la MS desaparecida sobre producida, ni sobre disponible.

Cuadro no. 5. Porcentaje de MS desaparecida/producida y de MS desaparecida/disponible, según tratamiento

Trat.	MS desaparecida/producida (%)	MS desaparecida/disponible (%)
CN	65	32
CNM	62	29
60N	69	32
120N	68	27
DMS	25	9

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

En cambio, según historia de fertilización (Cuadro no. 6), los tratamientos con historia de fertilización presentaron mayor porcentaje de MS desaparecida/disponible ( $p$ -valor: 0,003), debido a que en los mismos, la MS desaparecida fue mayor (Cuadro no. 4)

Por esta misma razón es que se observó un valor numérico mayor en estos tratamientos, para el porcentaje de MS desaparecida/producida, pero sin diferencias significativas.

Cuadro no. 6. Porcentaje de MS desaparecida/producida y de MS desaparecida/disponible, según historia de fertilización

Trat.	MS desaparecida/producida (%)	MS desaparecida/disponible (%)
60N	69	32 B
60N B5	85	54 A
120N	68	27B
120N B5	85	59 <sup>a</sup>
DMS	41	18

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

A su vez, en el Cuadro no. 5, y Cuadro no. 6, se puede observar que la proporción de la MS desaparecida/disponible fue menor que sobre la producida. Esto es debido a que la MS disponible siempre es mayor, ya que considera la MS remanente del pastoreo anterior y lo producido en el total del ciclo de pastoreo, mientras que la MS producida, toma en cuenta sólo lo producido durante el ciclo, estimado por medio de la tasa de crecimiento. Los animales físicamente solo logran consumir hasta cierta altura del forraje, dejando los primeros centímetros, donde se puede llegar a acumular el 50% del forraje disponible.

En pastoreos cortos de 2-3 días con altas cargas instantáneas, Saldanha (2005) demuestra que en primavera se obtuvo como máximo 50% de forraje desaparecido/disponible, mientras que Larratea y Soutto (2013) en un pastoreo continuo y carga variable, tuvieron como resultado valores de 54 y 43% de MS desaparecida/disponible para niveles de nitrógeno 114N y 60N respectivamente. Es por esto que en el presente estudio se podrían esperar valores menores a estos, dado a que los pastoreos fueron rotativos y de períodos mayores.

#### 4.2.4 Altura pre pastoreo y remanente

Tanto para el estudio de las alturas pre pastoreo como remanente según tratamientos (Cuadro no. 7), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, siendo las alturas remanentes menores que las pre pastoreo, lo que coincide con lo esperado, ya que los kg/ha de MS remanente son menores debido al forraje desaparecido.

Cuadro no. 7. Altura pre pastoreo y remanente, según tratamiento

Tratamiento	Altura pre pastoreo (cm)	Altura remanente (cm)
CN	14,7	12,0
CNM	14,6	12,5
60N	16,2	12,6
120N	16,4	14,3
DMS	3,5	3,9

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

Por otro lado, según historia de fertilización (Cuadro no. 8), no hubo diferencias significativas entre tratamientos para las altura pre pastoreo, siendo mayores que las alturas remanente.

Cuadro no. 8. Altura pre pastoreo y remanente, según historia de fertilización

Tratamiento	Altura pre pastoreo (cm)	Altura remanente (cm)
60N	16,2	12,6 A
60N B5	17,9	7,8 B
120N	16,4	14,3 A
120N B5	15,1	5,9 B
DMS	6,8	4,4

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

En cambio, para altura remanente, las diferencias entre tratamientos (p-valor: 0,0005) se debieron a las mayores OF que presentaron los tratamientos 60N y 120N (Cuadro no. 4). Con esto coinciden Soca et al. (1998), quienes observaron que hay mayores utilizations de forraje cuanto menor es la OF, teniendo como consecuencia una menor altura de forraje rechazado.

#### 4.3 ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LOS ANIMALES

##### 4.3.1 Ganancia de peso vivo animal, oferta de forraje, y carga

Para evaluar la variable de respuesta de ganancia de peso vivo animal, se realizó un ANCOVA, el cual se corrigió por las covariables peso y edad inicial, siendo esta última la que presentó un p-valor menor a 0,10, y un coeficiente de correlación positivo (0,05). Dicho coeficiente demuestra que animales más viejos, logran una mayor ganancia diaria (0,050 kg/an/día, por cada mes mayor).

Cuadro no. 9. Ganancia de PV animal, oferta de forraje, carga total y carga instantánea, según tratamiento

Trat.	Ganancia diaria corregida por edad inicial (kg/an/día)	Oferta de forraje (% de PV)	Carga total (UG/ha)	Carga instantánea (UG/ha)
CN	0,41	10,0	1,8	7,0 B
CNM	0,34	12,0	2,0	6,6 B
60N	0,50	9,0	2,1	9,8 A
120N	0,31	8,5	2,1	9,3 A
DMS	0,17	4,0	0,4	1,3

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

Cuadro no. 10. Ganancia de PV animal, oferta de forraje, carga total y carga instantánea, según historia de fertilización

Trat.	Ganancia diaria corregida por edad inicial (kg/an/día)	Oferta de forraje (% de PV)	Carga total (UG/ha)	Carga instantánea (UG/ha)
60N	0,56	8,9 A	2,1 B	9,8 A
60N B5	0,54	6,0 BC	3,0 A	6,0 B
120N	0,37	8,5 AB	2,1 B	9,3 A
120N B5	0,45	5,5 C	3,0 A	6,7 B
DMS	0,30	2,6	0,4	1,4

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

Luego de corregir por la variable edad inicial, no se observaron diferencias significativas en cuanto ganancia de peso vivo animal, para ninguno de los tratamientos (Cuadro no. 9, Cuadro no. 10).

De igual manera, Azanza et al. (2004) no obtuvieron diferencias de ganancia diaria por animal entre tratamientos, aunque tuvieron como resultado una mayor producción de carne por hectárea comparando tratamientos que fueron sometidos a fertilización nitrogenada con los no fertilizados. Por otro lado, Risso et al. (1998a), encontraron una mayor ganancia animal en los tratamientos fertilizados y con baja carga, disminuyendo la ganancia a medida que aumentaba la carga.

Cabe aclarar, que en el presente experimento no fue posible realizar el análisis estadístico de la ganancia de peso vivo animal por hectárea, ya que no se contaba con repeticiones de lotes de animales.

A modo comparativo, Garín et al. (1993), obtuvieron en mejoramiento con *L. corniculatus* en cobertura, ganancias de peso vivo de 0,71 kg/an/día y 0,7 kg/ha/día, con OF de 10% de PV.

En cuanto a la OF y carga total según tratamientos, no existieron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí para carga instantánea ( $p$ -valor:  $< 0,0001$ ).

Mientras que analizando según historia de fertilización, se puede observar que las OF menores ( $p$ -valor: 0,0007) en los tratamientos del bloque 5, están relacionadas a las cargas totales mayores ( $p$ -valor: 0,0001), y a las cargas instantáneas mayores ( $p$ -valor: 0,0002).

#### 4.4 COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA MATERIA SECA

##### 4.4.1 Materia seca total, materia seca verde y restos secos

No se observan diferencias significativas entre tratamientos para MS total pre pastoreo (Cuadro no. 11). Como se mencionó previamente, se trató de una primavera con condiciones de temperatura y precipitaciones superiores a la media de los años 2002-2014 y a su vez no hubo efecto del N, lo que llevo a que se igualaran los tratamientos.

Cuadro no. 11. MS total, MS verde y restos secos, según tratamiento

Trat.	MS total pre pastoreo (kg/ha)	MS total remanente (kg/ha)	MS verde pre pastoreo		MS verde remanente		Restos secos pre pastoreo		Restos secos remanente	
			Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
CN	2555	2380	2329	91	1659	71	225	9	722	29
CNM	2789	2779	2549	92	2086	76	240	8	686	24
60N	2796	2475	2544	91	1908	77	253	9	566	23
120N	2853	2564	2662	94	2067	80	190	6	497	20
DMS	508	1245	490	11	932	16	304	11	588	16

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor>0,10).

Los kg/ha de MS remanente están dados por el comportamiento animal, a través del consumo, pisoteo, y desperdicios en general, en relación a los kg/ha de MS pre pastoreo. Al no existir diferencias en la MS total pre pastoreo, en la TC de la pastura (Cuadro no. 1) ni en la OF (Cuadro no. 3) se esperaba que no haya diferencias significativas en el remanente, tal como sucedió. Sería el aumento de la carga animal en los tratamientos fertilizados por un aumento en la producción de forraje, lo que permitiría aumentar el consumo y obtener diferencias entre los remanentes (Ayala y Bermúdez 2005, Zanoniani 2009).

La MS verde tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo en su contribución porcentual, medias superiores al 90% en el pre pastoreo. El porcentaje de MS verde remanente fue menor que la MS verde pre pastoreo en todos los tratamientos, lo que es resultado de la expresión de la selectividad animal que consumen preferentemente material verde frente a restos secos. La relación verde/seco refleja la calidad del forraje disponible (Frame, citado por Ayala et al., 2012b) y afecta a la selección animal en el pastoreo, ya que los animales van a elegir las especies con abundante cantidad de hojas jóvenes.

Cuando se analizó por ciclos de pastoreo, en el primer ciclo (29- set al 17-nov) se observaron diferencias significativas ( $p$ -valor: 0,05), siendo los tratamientos 60N, 120N y CNM los que presentaron mayor proporción de MS verde pre pastoreo (98%), y el CN el que presentó la menor proporción (91%). En esta época las especies se encontraban en estado vegetativo, momento en el cual la proporción de hojas verdes es mayor. Dado que la MST está definida por la suma de MV y RS, la proporción de restos secos disponibles en el primer ciclo de pastoreo también difiere significativamente tanto en kg/ha (209 kg/ha) ( $p$ -valor: 0,02, como en porcentaje (9%), siendo mayor en el CN. Según Boggiano (2000), con aumentos en la OF y de fertilización nitrogenada, se incrementó la MS verde pre pastoreo, a través de aumentos en su tasa de crecimiento. Esto se explica por una mayor VMF en los tratamientos con agregado de nitrógeno, teniendo como consecuencia menor tasa de senescencia.

Por otro lado, se puede observar que en la proporción de restos secos, tampoco hubo efecto tratamiento. Existe una tendencia a aumentar los restos secos remanentes respecto al pre pastoreo, debido a, como se explicó para MS verde, la selección animal, la cual rechaza el material muerto. Cuando se analiza la defoliación a nivel de la hoja individual, es posible notar que, mientras la edad de las hojas aumenta, las mismas son frecuentemente menos defoliadas, explicando así la mayor acumulación de restos secos en el remanente (Mazzanti y Lemaire, citados por Lemaire y Agnusdei, 2000). Cabe destacar, que el forraje remanente fue medido únicamente en el segundo ciclo de pastoreo, finalizando la primavera, por lo cual era esperable que los kg/ha de restos secos fueran mayores que en el pre pastoreo, el cual fue medido durante toda la primavera.

A su vez, se observa un leve aumento de los restos secos remanente para el tratamiento sin fertilizar, sin diferencias significativas, lo que podría estar explicado por el efecto del nitrógeno en la VMF, aumentándola. Si bien VMF está definida genéticamente, puede ser modificada por el agregado de nitrógeno y temperatura (Chapman y Lemaire, citados por Sevrini y Zanoniani, 2010).

Para eliminar las altas pérdidas por senescencia es necesario que los intervalos de descanso entre dos defoliaciones sucesivas no sean mayores a la VMF de las especies dominantes en la pastura, tiempo que demoran en formarse de dos a tres hojas en las gramíneas templadas (Carámbula, 1996b). Con esto concuerdan Lemaire y Agnusdei (2000), indicando que es posible adaptar la duración del período de descanso a la VMF de las principales especies de la comunidad. Es por esto que el período de descanso del primer ciclo de pastoreo, es mayor al del segundo ciclo, debido a que una mayor temperatura media diaria provoca una menor VMF en días.

Comparando tratamientos según historia de fertilización (Cuadro no. 12), en lo que refiere a MS total, no existieron diferencias entre los mismos.

Cuadro no. 12. MS total, MS verde y restos secos, según historia de fertilización

Trat.	MS total pre pastoreo (kg/ha)	MS total remanente (kg/ha)	MS verde pre pastoreo		MS verde remanente		Restos secos pre pastoreo		Restos secos remanente	
			Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
60N	2812	2474	2525	91	1908	77	274	9	566	23
60N B5	2899	1475	2723	90	1186	80	203	10	289	20
120N	2868	2564	2643	93	2067	80	212	7	496	20
120N B5	2362	1354	2096	83	1128	83	293	17	226	17
DMS	1384	1884	1329	17	1914	22	282	17	472	22

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

Considerando que los tratamientos del bloque 5 presentaron mayores contribuciones de nitrógeno a lo largo de su historia, se esperaban diferencias significativas para los mismos. Dicha similitud, se puede explicar debido a que en los tratamientos con historia de fertilización, no presentaron ninguna aplicación en los 2 años previos al experimento. El nivel del nitrógeno en el suelo en dichos años pudo haberse reducido hasta llegar a niveles similares de los tratamientos sin historia de fertilización. A su vez, es necesario aclarar, que la MS total, no solo depende del nivel de N disponible, sino que además a la calidad del área foliar remanente que determinan la tasa de crecimiento. Ayala y Carámbula (1994) establecen que la respuesta a la fertilización está determinada por la TC potencial de la pastura, la cual está influenciada por su estado y la comunidad de especies que la componen.

En cuanto a los kg/ha de MS total remanente, no se manifestaron diferencias significativas entre tratamientos, presenciándose, a través de contrastes ( $p$ -valor: 0,06) una disminución en los tratamientos con historia de fertilización. Esto puede estar explicado a que no se encontraron diferencias en los kg/ha de MS total pre pastoreo (Cuadro no. 11), en la TC (Cuadro no. 2), pero si en la OF (Cuadro no. 4), siendo la misma menor en los tratamientos del B5. De esta manera, una menor OF, tiene como consecuencia un menor remanente.

En pasturas fertilizadas se observó una alta proporción de restos secos, si la defoliación no es correctamente controlada. Si en primavera la OF es demasiado alta, existirá una tasa de senescencia tal que determinará una

acumulación de estos restos secos (Lemaire, 1997). Debido a la selección animal, una mayor OF provoca mayor desperdicio de material muerto (Sevrini y Zanoniani, 2010).

Según Carrera et al., citados por Ayala et al. (2012b), la proporción de restos secos en primavera no supera el 10 % del total de la materia seca, mientras que en verano puede llegar a 45%, si es un año extremadamente seco. Dichos resultados concuerdan con las proporciones de los restos secos observadas en el pre pastoreo en el estudio de los ciclos de pastoreo por separado, donde se pudo constatar que el primer ciclo, ocurrido en la primavera temprana, tuvo una menor proporción de restos secos, entorno al 5%, siendo mayor en el segundo ciclo de pastoreo, en la primavera tardía, entorno al 15%, sin diferencias significativas entre los tratamientos.

Al estudiar el remanente de MS verde y restos secos en kg/ha, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, aunque los mismos son menores en los tratamientos con fertilizaciones previas, debido a la mayor presión de pastoreo. En los restos secos, esto se pudo constatar a través de los contrastes (p-valor: 0,06), siendo el bloque 5 el que presentó los menores valores en kg/ha.

En lo relativo a la contribución porcentual de MS verde y restos secos al remanente, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Se puede apreciar un aumento en los restos secos del remanente con respecto al porcentaje de restos secos del pre pastoreo, debido a la selección animal, la cual rechaza el consumo del material senescente (Zanoniani, 1997).

Partiendo de lo evaluado anteriormente, al no existir diferencias significativas en MSV pre pastoreo (Cuadro no. 11), MSV remanente (Cuadro no. 11) ni en OF (Cuadro no. 3), no se esperaba encontrar diferencias en MSV desaparecida, tal como se puede apreciar en el Cuadro no. 13.

Cuadro no. 13. Materia seca verde desaparecida, según tratamiento

Tratamiento	MS verde desaparecida (kg/ha)	MS verde desaparecida (%)
CN	779	32
CNM	601	21
60N	546	22
120N	588	22
DMS	449	16

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

A su vez, los resultados en el porcentaje de MSV desaparecida en los tratamientos con nitrógeno coinciden con los obtenidos por Damboriarena (1990), Apezteguía (1994), quienes reportan valores entre 20 y 35% para pasturas naturales.

En el análisis según historia de fertilización (Cuadro no. 14), tampoco existen diferencias significativas entre tratamientos a pesar de que aquellos con historia presentan menores kg/ha. Nuevamente, los porcentajes coinciden con los resultados obtenidos por Damboriarena (1990), Apezteguía (1994).

Cuadro no. 14. Materia seca verde desaparecida, según historia de fertilización

Tratamiento	MS verde desaparecida (kg/ha)	MS verde desaparecida (%)
60N	549	22
60N B5	399	25
120N	588	22
120N B5	448	28
DMS	634	26

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

#### 4.4.2 Gramíneas invernales

Las gramíneas totales invernales pre pastoreo no presentaron diferencias significativas entre tratamientos en kg/ha ni en porcentaje (Cuadro no. 15). Si bien se esperaba que hubiese un incremento de las especies invernales, por aumentos en sus tasas de crecimiento (Bemhaja 1994, Azanza et al. 2004), por tratarse del primer año, no se logró observar diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos, aunque su  $p$ -valor (0,09) indicó efectos de los tratamientos.

Cuadro no. 15. Gramíneas invernales totales y *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, según tratamiento

Trat.	Totales pre pastoreo		Totales remanente		<i>Br. auleticus</i> + <i>Stipa spp.</i> pre pastoreo		<i>Br. auleticus</i> + <i>Stipa spp.</i> remanente	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
CN	1027	40	660	29	775	30 AB	637 B	28
CNM	1289	46	966	35	1055	38 A	934 A	34
60N	1367	49	923	38	722	26 B	774 AB	31
120N	1483	52	808	32	1073	37 AB	687 B	28
DMS	461	13	350	20	401	11	220	14

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

Cabe destacar, que sólo transcurrieron 26 días desde que se aplicó la mitad de la dosis de fertilización hasta que se midió el primer disponible, siendo insuficiente el tiempo para observar las diferencias entre tratamientos. Tal como indica Whitehead (1970b), durante los períodos de rápido crecimiento, gran parte de la absorción del nitrógeno aplicado tiene lugar a las 3 o 4 semanas luego de su aplicación. Sin embargo, la producción de MS es un proceso más lento que la absorción, por lo que luego de 4 semanas, la respuesta de rendimiento al agregado de nitrógeno es muy baja.

También, la ausencia de una respuesta diferencial de las gramíneas invernales en los tratamientos fertilizados pudo deberse a que las especies invernales en la primavera ya se encontraban en la etapa reproductiva, reduciéndose el macollaje, viéndose desfavorecido el uso de nitrógeno (Sevrini y Zanoniani, 2010).

Las únicas gramíneas invernales que presentaron diferencias significativas ( $p$ -valor: 0,03) fueron *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, obteniendo un mayor porcentaje pre pastoreo de estas especies en CNM y un menor en 60N ( $p$ -valor: 0,05). Dichas diferencias no responden a lo esperado, ya éste último era uno de los tratamientos donde se esperaba un incremento de las mismas. Los resultados obtenidos podrían estar reflejando la composición originaria del tapiz nativo.

Por otro lado, estudiando los ciclos de pastoreo por separado no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, entre tratamientos, siendo la media en el primer ciclo entre 30 y 40%, y en el segundo ciclo entre 20 y 30%. Esto se corresponde a lo estudiado, ya que temprano en la primavera el porcentaje de estas especies es mayor, disminuyendo a medida que se acerca el verano. En promedio el componente

*Bromus auleticus* + *Stipa spp.* corresponde a un 70% de las gramíneas invernales totales. En cuanto a las invernales totales (incluyen a *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, otras anuales, y perennes) se da la misma tendencia, siendo la media en el primer ciclo entre 44 y 55%, y en el segundo ciclo entre 36 y 49%. Dichos valores se asemejan a los resultados de Larratea y Soutto (2013), quienes obtuvieron valores promedio de 36% para los tratamientos fertilizados.

Según los resultados de Azanza et al. (2004), se podría esperar que dichas especies presentaran un mayor consumo por parte de los animales en los tratamientos fertilizados respecto al CN, por un supuesto incremento de las mismas, observándose a través de un menor remanente. No se logró llegar a estos resultados, ya que fue el CNM el que presentó mayor remanente, y el CN se igualó con los tratamientos fertilizados

En cuanto a los kg/ha en el remanente de dichas especies, se observa que el CNM fue el que presentó mayor valor y el CN se igualó al resto de los tratamientos. Esto es debido a que en el pre pastoreo el CNM fue el que obtuvo mayor proporción. Otra posible explicación a estos resultados, sería que en el tratamiento de CNM tuvo un valor numérico mayor de leguminosas (sin diferencias significativas entre tratamientos), especies de alta calidad, las cuales son muy apetecidas por los animales, y estos las prefirieron frente a *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, quienes se encontraban en estado reproductivo. Por otro lado, en el tratamiento testigo, hubo una gran variedad de especies de baja calidad, por lo que los animales seleccionaron para su consumo al grupo *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, presentando menor remanente en este tratamiento.

Lo que se pudo observar es que el 91% del aporte del total de las gramíneas invernales corresponde a las especies *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* Esto es debido a que estas mediciones se realizaron en el segundo ciclo de pastoreo, momento en el cual ambas especies estaban en etapa reproductiva, por lo que la *Stipa spp.* fue rechazada por los animales. Estas son además, las especies dominantes, ya que desde un principio, en la contribución del pre pastoreo, las mismas fueron el 70% del total de las especies.

Por otro lado, no existieron diferencias significativas entre tratamientos para otras gramíneas invernales perennes y anuales (Cuadro no. 16), observándose valores muy bajos tanto en kg/ha como en porcentaje.

Cuadro no. 16. Otras gramíneas invernales perennes y anuales, según tratamiento

Tratamiento	Otras perennes pre pastoreo (kg/ha)	Otras perennes remanente (kg/ha)	Anuales pre pastoreo (kg/ha)
CN	119	23	134
CNM	127	33	108
60N	344	149	303
120N	102	115	309
DMS	277	249	275

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

Tal como se presentó anteriormente, al no encontrar diferencias significativas para los resultados de gramíneas invernales totales pre pastoreo y remanente (Cuadro no. 15), ni para OF (Cuadro no. 3), se esperaba que tampoco hubiera diferencias significativas en el porcentaje desaparecido, dado por el consumo y pisoteo animal, como se observa en el Cuadro no. 17.

Cuadro no. 17. MS desaparecida, y proporción de MS desaparecida de gramíneas invernales, según tratamiento

Tratamiento	MS desaparecida de gramíneas invernales (kg/ha)	MS desaparecida de gramíneas invernales (%)
CN	367	39
CNM	364	23
60N	360	24
120N	571	39
DMS	898	49

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

En el análisis de gramíneas invernales según historia de fertilización (Cuadro no. 18), para los kg/ha de MS presente pre pastoreo de gramíneas invernales totales, se puede apreciar que no existieron diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo valores en porcentaje dentro de un rango entre 40-50%.

Cuadro no. 18. Gramíneas invernales totales y *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, según historia de fertilización

Trat.	Totales pre pastoreo		Totales remanente		<i>Bromus auleticus</i> + <i>Stipa spp.</i> pre pastoreo		<i>Bromus auleticus</i> + <i>Stipa spp.</i> remanente	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
60N	1367	48	923 A	38 A	725	27 AB	774 A	31 A
60N B5	1451	42	299 BC	20 AB	503	16 B	297 BC	20 AB
120N	1483	52	808 AB	32 AB	1077	37 A	687 AB	28 A
120N B5	1348	48	183 C	14 B	810	26 AB	113 C	8 B
DMS	1385	31	579	24	710	17	452	20

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

En cuanto al remanente, se observan diferencias significativas tanto en kg/ha como en porcentaje ( $p$ -valor: 0,09). Dichos resultados reflejan el mismo comportamiento que en el remanente de *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* ( $p$ -valor: 0,024 para kg/ha, y  $p$ -valor: 0,07 para %), siendo éstas las que representan la mayor parte de las gramíneas invernales totales. Son los tratamientos con historia de fertilización los que presentan menores valores, debido a la mayor carga animal de estos tratamientos, obteniendo un mayor consumo. Estos resultados se reflejan mejor en los contrastes realizados para los tratamientos con historia de fertilización frente a los de sin historia, obteniendo diferencias significativas ( $p$ -valor: 0,02), siendo los tratamientos con historia de fertilización, los de menor valor.

Respecto a la contribución porcentual de *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* pre pastoreo, se pueden apreciar diferencias significativas entre tratamientos ( $p$ -valor: 0,03) para siendo el tratamiento 120N mayor que 60N B5. Si bien se esperaría que dichas especies aumentaran su frecuencia en los tratamientos con historia previa de fertilización nitrogenada, sucedió que en los mismos, hubo un aumento de gramíneas anuales invernales (*Lolium multiflorum*), sin diferencias significativas, compitiendo de forma tal que se vieron perjudicadas *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*

En el estudio de los períodos por separado, se observó que en el primer período de pastoreo las diferencias se dieron entre 120N B5 y 60N B5 ( $p$ -valor: 0,1), siendo mayor en el primer tratamiento. Esto era de esperar, ya que con mayores niveles de fertilización nitrogenada aumenta la contribución de especies invernales (Rogler y Lorenz 1957, Bemhaja 1994, Azanza et al. 2004, Berretta 2005, Zanoniani et al. 2011), por lo que se da una mayor producción de las mismas durante la primavera temprana; y con menores niveles de

fertilización las especies invernales son menos promovidas, permitiendo una mayor competencia de las estivales, aumentando su producción durante la primavera tardía.

En cuanto a otras invernales perennes pre pastoreo (Cuadro no. 19) se puede observar una disminución no significativa en los kg/ha para los tratamientos con historia de fertilización. Esto pudo deberse a la mayor proporción de raigrás que hubo en los mismos y la posible competencia que entre especies. En el remanente también existen menores diferencias no significativas dadas posiblemente por la menor OF en dichos tratamientos.

Cuadro no. 19. Otras gramíneas invernales perennes y anuales, según historia de fertilización

Tratamiento	Otras perennes pre pastoreo (kg/ha)	Otras perennes remanente (kg/ha)	Anuales pre pastoreo (kg/ha)	
			Kg/ha	%
60N	361	149	260	10
60N B5	82	2	911	23
120N	119	115	266	10
120N B5	94	70	488	18
DMS	460	715	855	24

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

En el resultado de los kg/ha de MS en especies anuales, se puede observar que los valores numéricos son mayores en los tratamientos 60N B5 y 120N B5, si bien estas diferencias no son significativas. Este aumento, debido a la alta contribución de *Lolium multiflorum*, fue explicado en estudios realizados por Young et al., citados por Larratea y Soutto (2013), quienes demostraron que la fertilización nitrogenada mejoró la competitividad de gramíneas anuales frente a perennes, debido a que las anuales son grandes consumidoras de nitrógeno. Cardoso et al. (2008) reportaron que la composición botánica de un campo natural, a tres años de la última fertilización, presentó una mayor contribución de las especies anuales en los tratamientos con dosis más altas de N, principalmente de *Lolium multiflorum*.

En lo referido a los kg/ha de MS remanente de gramíneas anuales invernales, las mismas no presentaron diferencias significativas, tendiendo a valores casi nulos. Es importante destacar, que dichos registros fueron obtenidos únicamente en el segundo ciclo de pastoreo, sobre el final de la primavera, por lo que no se pueden comparar con los resultados obtenidos en

kg/ha de MS pre pastoreo, debido a que en éstos, los registros fueron del total de ciclos de pastoreo.

En lo referente a la MS desaparecida de gramíneas invernales y su proporción (Cuadro no. 20), no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero se observa un claro comportamiento en los tratamientos con historia previa de fertilización, donde predomina la especie invernal anual *Lolium multiflorum*, en los cuales el valor numérico de la proporción de gramíneas invernales desaparecida fue mayor respecto al resto de los tratamientos.

Cuadro no. 20. MS desaparecida, y proporción de MS desaparecida de gramíneas invernales, según historia de fertilización

Tratamiento	MS desaparecida de gramíneas invernales (kg/ha)	MS desaparecida de gramíneas invernales (%)
60N	360	24
60N B5	472	61
120N	571	39
120N B5	850	82
DMS	1430	66

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

#### 4.4.3 Gramíneas estivales

En cuanto a las gramíneas totales pre pastoreo según tratamiento (Cuadro no. 21), el CN y CNM fueron los tratamientos que presentaron mayor contribución de las mismas respecto a 60N y 120N ( $p$ -valor: 0,03). Esto coincide con los resultados obtenidos por Rodríguez Palma et al. (2008), quien indica que se esperaría un menor porcentaje de las gramíneas estivales en los tratamientos fertilizados, debido a que las invernales son favorecidas por el nitrógeno y logran tener una mayor competencia sobre las estivales (Ayala y Carámbula 1994, Bemhaja 1994, Berretta 2005, Zanoniani et al. 2011).

Cuadro no. 21. Gramíneas estivales totales y tiernas + finas, según tratamiento

Trat.	Totales pre pastoreo (%)	Totales remanente (%)	Tiernas + finas pre pastoreo		Tiernas + finas remanente	
			Kg/ha	%	Kg/ha	%
CN	43 A	35	873	35	527	22
CNM	31 AB	27	740	27	646	24
60N	29 B	34	645	24	612	25
120N	28 B	34	698	25	790	30
DMS	13	18	303	12	447	12

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

Sin embargo, los resultados obtenidos son inferiores a los presentados por Larratea y Soutto (2013), quienes llegaron a valores promedio de 45% para los tratamientos fertilizados.

En el primer ciclo de pastoreo no hubo diferencias en la contribución de gramíneas estivales ya que coincide con el inicio del rebrote, representando entre 24 y 36%. Mientras que en el segundo ciclo de pastoreo, las estivales se encontraban en activo crecimiento, reflejando las diferencias significativas entre tratamientos (p-valor: 0,05) CN (46%) vs. los fertilizados (28%).

Teniendo en cuenta el tipo productivo de las gramíneas estivales perennes (Cuadro no. 21, Cuadro no, 22), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el pre pastoreo. Cabe destacar que existió en todos los tratamientos tanto en pre pastoreo como en remanente, una mayor contribución de especies tiernas + finas, siendo originarias de este tipo de campo.

Cuadro no. 22. Gramíneas estivales ordinarias y duras, según tratamiento

Trat.	Ordinarias pre pastoreo		Ordinarias remanente		Duras pre pastoreo		Duras remanente	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
CN	52	2,0	171	7,3 A	141	5,5	124	5,0
CNM	31	1,0	14	0,6 B	85	3,0	87	2,8
60N	21	0,8	125	4,7 AB	117	4,0	118	4,1
120N	65	2,3	27	1,0 AB	27	1,0	88	2,8
DMS	81	2,9	183	6,7	151	5,0	342	11,4

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

Para las especies ordinarias (Cuadro no. 22), se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos CN y CNM (p-valor: 0,08) en el porcentaje remanente, aunque se esperaba que las diferencias fueran entre CN y los tratamientos fertilizados con nitrógeno, ya que en estos últimos se promueven las especies invernales y tiernas + finas de gran tamaño y porte erecto, quienes tendrán una mayor capacidad de competencia frente a las estivales y ordinarias + duras (Rodríguez Palma et al. 2004, Berretta 2005, Zanoniani 2009, Larratea y Soutto 2013).

Esto pudo haber reflejado la situación inicial de las parcelas en las que se realizaron dichos tratamientos, y que el nitrógeno agregado las haya promovido. También puede haber sucedido que el fósforo aplicado haya hecho más palatables a dichas especies y las mismas, haber sido más consumidas por los animales.

Por otro lado, existe una correlación alta y positiva de 0,99 (p-valor: 0,009) en kg/ha de MS entre especies ordinarias y duras a través de los tratamientos.

Respecto a las gramíneas anuales estivales, no fue significativa su contribución. Esto pudo deberse a la reducida capacidad de competencia que tienen las anuales frente a las perennes, presentando estas últimas, la ventaja de sobrevivir durante el invierno y poder realizar una mayor competencia.

Teniendo en cuenta que no hubo diferencias para MS de gramíneas invernales entre tratamientos según historia de fertilización (Cuadro no. 18), se obtuvo como consecuencia que las mismas no lograron la competencia esperada frente a gramíneas perennes estivales (Ayala y Carámbula 1994, Bemhaja 1994, Berretta 2005, Zanoniani et al. 2011), por lo que estas últimas tampoco presentaron diferencias significativas en dichos tratamientos (Cuadro no. 23).

Cuadro no. 23. Gramíneas estivales totales y tiernas + finas, según historia de fertilización

Trat.	Totales pre pastoreo (%)	Totales remanente (%)	Tiernas + finas pre pastoreo		Tiernas + finas remanente	
			Kg/ha	%	Kg/ha	%
60N	27	34	640	23	612	25
60N B5	33	35	637	32	487	33
120N	27	34	692	24	790	30
120N B5	26	45	405	23	591	44
DMS	24	37	478	25	1006	28

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

Debido a que las mediciones de remanente fueron realizadas durante fines de noviembre y el mes de diciembre (segundo ciclo de pastoreo), momento en el cual comenzaba a aumentar el crecimiento de las estivales, existe una mayor contribución de las mismas en el remanente respecto al disponible.

La clasificación por tipo productivo (Cuadro no. 23, Cuadro no. 24), tampoco reflejó diferencias significativas entre tratamientos, observándose una alta variabilidad en los datos, aunque como sucedió en los estudios previos, fueron las finas + tiernas las que predominaron.

Cuadro no. 24. Gramíneas estivales ordinarias y duras, según historia de fertilización

Trat.	Ordinarias pre pastoreo		Ordinarias remanente		Duras pre pastoreo		Duras remanente	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
60N	21	0,9	125	4,7	105	3,5	118	4,0
60N B5	28	0,6	22	1,5	8	0,5	0	0,0
120N	64	2,4	27	1,0	15	0,5	88	3,0
120N B5	37	1,0	13	1,0	57	1,6	0	0,0
DMS	103	4,0	287	9,7	212	7,0	677	23,0

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

A su vez, el N tuvo un leve efecto a través de los años, llevando a que la contribución porcentual de las especies duras en los tratamientos con historia

de fertilización (Cuadro no. 24) sea de 0%, coincidiendo con los resultados obtenidos por Montossi et al. (2000).

#### 4.4.4 Ciperáceas + Juncáceas, hierbas menores

En el Cuadro no. 25 se puede observar que el efecto de los tratamientos al analizar los kg/ha de Ciperáceas + Juncáceas y de hierbas menores fue significativo (p-valor 0,05 y 0,02 respectivamente).

Cuadro no. 25. Ciperáceas + Juncáceas, hierbas menores, según tratamiento

Trat.	Ciperáceas + Juncáceas pre pastoreo		Ciperáceas + Juncáceas remanente		Hierbas menores pre pastoreo		Hierbas menores remanente	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
CN	47 AB	1,9 AB	55	2,1	85 B	4,0 B	81	3,5
CNM	0 B	0,0 B	8	0,3	168 AB	6,0 AB	155	5,2
60N	29 AB	1,2 AB	0	0,0	219 A	8,0 A	76	3,0
120N	87 A	2,7 A	118	4,1	152 AB	5,0 AB	118	4,6
DMS	74	2,4	138	5,1	93	3,8	143	3,7

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

Se observa una mayor disponibilidad de Ciperáceas + Juncáceas en el tratamiento 120N (p-valor: 0,05). Si bien Berretta (1996) verificó aumentos en la contribución de especies invernales, incluidas las Ciperáceas, en tratamientos fertilizados sobre suelos de Basalto, las diferencias en el presente experimento podrían estar explicadas a que existe una zona húmeda dentro de la parcela. A su vez, llama la atención el valor 0 kg/ha en CNM, debido seguramente a un sesgo en el muestreo.

Por otro lado, en el tratamiento 120N, se observa el rechazo por parte de los animales a estas especies, ya que los kg/ha de MS son mayores en el remanente respecto al pre pastoreo.

Al observar los resultados de hierbas menores pre pastoreo, se constata que hubo una mayor contribución en el tratamiento 60 N (p-valor: 0,02 en kg/ha, y p-valor: 0,05 en porcentaje), resultados que no coinciden con lo hallado por Rodríguez Palma et al. (2008), quienes obtuvieron en pasturas fertilizadas una reducción en el porcentaje de malezas menores y enanas por un aumento de especies productivas que compitieran mejor con las mismas.

A su vez, no se observó un patrón de respuesta por nivel de nitrógeno, ya que 120N y el CNM presentan valores similares, no diferentes de 60N ni de CN. Esto puede estar expresando respuestas a la fertilización NP, obteniendo en los tres tratamientos con agregado de fósforo, una mayor contribución de hierbas menores.

Por otro lado, Larratea y Soutto (2013) establecieron que la proporción de hierbas menores está asociada al porcentaje de suelo descubierto que exista, ya que a mayor proporción de suelo descubierto, estas especies podrán tener un mayor desarrollo al estar disminuida su competencia. El CN es el que presenta menor porcentaje de suelo descubierto (Cuadro no. 29), y por lo tanto, menor contribución de hierbas menores.

Cabe destacar que en el experimento, las principales hierbas menores que se observaron fueron *Eryngium nudicaule* (invernal) y *Dichondra microcalyx* (estival).

En cuanto al análisis según historia de fertilización (Cuadro no. 26), el efecto de los tratamientos en la MS de Ciperáceas + Juncáceas, no fue significativo. Se esperaba un aumento de las mismas (Berretta, 1996) para los tratamientos del 60N B5 y 120N B5.

Por otro lado, en el tratamiento 120N existe un área muy húmeda dentro del bloque 1, la cual pudo haber incidido en los altos valores de MS de Ciperáceas + Juncáceas encontrados en dicho tratamiento.

Cuadro no. 26. Ciperáceas + Juncáceas, hierbas menores, según historia de fertilización

Trat.	Ciperáceas + Juncáceas pre pastoreo		Ciperáceas + Juncáceas remanente (kg/ha)	Hierbas menores pre pastoreo		Hierbas menores remanente (kg/ha)	Cip. + Junc. + hierbas menores remanente (%)
	Kg/ha	%		Kg/ha	%		
60N	33	1,4	0	225	8,3	76	3,0
60N B5	1	0,0	0	71	3,7	44	3,0
120N	92	2,9	118	159	5,4	118	8,7
120N B5	1	0,0	0	55	3,4	17	1,2
DMS	157	4,9	281	171	6,5	152	7,6

No hay diferencias significativas (p-valor>0,10).

Respecto a los resultados obtenidos de hierbas menores, los mismos coinciden con lo indicado por Rodríguez Palma et al. (2008), quienes reportaron

que en pasturas fertilizadas se redujo el porcentaje de hierbas menores y enanas. Estos resultados solo se lograron en los tratamientos con fertilizaciones previas, pero sin diferencias significativas entre tratamientos. Fue la competencia del *Lolium multiflorum*, lo que pudo haber ocasionado la disminución de estas especies de porte pequeño, ya que en estos tratamientos fue donde se encontró mayor cantidad de MS de gramíneas anuales invernales, y una de las hierbas menores más relevadas fue *Eryngium nudicaule*, de ciclo invernal.

A su vez, se realizó un contraste entre los tratamientos del bloque 5 respecto al resto, que verifiqué lo anteriormente mencionado. El resultado de dicho contraste dio diferencias significativas entre los mismos ( $p$ -valor: 0,09), presentando valores menores los tratamientos con historia de fertilización nitrogenada. Este comportamiento era esperable ya que en los tratamientos con mayores niveles de N en suelo, tienden a aumentar las especies más productivas (Bemhaja 1994, Berretta 1996), las que compiten mejor con las hierbas menores, reduciendo así la proporción de las mismas.

En cuanto a la contribución porcentual de MS de Ciperáceas + Juncáceas + hierbas menores en remanente, se estudiaron en conjunto, por el bajo valor relativo de las mismas. Si bien hubo efecto tratamiento ( $p$ -valor: 0,06), las diferencias entre medias no fueron significativas, pudiéndose notar una leve diferencia entre el tratamiento 120N y 120N B5, al igual que en el pre pastoreo.

#### 4.4.5 *Cirsium vulgare* + *Cardus* spp., y leguminosas

Respecto a la MS pre pastoreo de *Cirsium vulgare* + *Cardus* spp. (Cuadro no. 27), se esperaba que se dé un aumento en la proporción en tratamientos fertilizados (Zanoniani, 2009). Esto no se pudo observar en el presente experimento, debido posiblemente a la aplicación de 2,4-D amina previa al inicio del experimento, y por corresponder al primer año de fertilización, con la mitad de la dosis de nitrógeno.

Para el remanente sigue la misma tendencia que en el pre pastoreo siendo el tratamiento CN el de menor valor numérico, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro no. 27. *Cirsium vulgare* + *Cardus spp.* y leguminosas, según tratamiento

Trat.	<i>Cirsium vulgare</i> + <i>Cardus spp.</i> pre pastoreo		<i>Cirsium vulgare</i> + <i>Cardus spp.</i> remanente		Leguminosas pre pastoreo		Leguminosas remanente	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
CN	43	1,6	12	0,4	48	1,8	29	1,3
CNM	129	4,7	75	2,4	102	3,5	127	5,0
60N	113	3,9	50	1,8	34	1,2	5	0,2
120N	106	3,9	117	5,8	46	1,8	2	0,1
DMS	127	5,0	203	10,0	126	4,4	153	6,0

No hay diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,10$ ).

En cuanto a la MS de leguminosas, no hubo respuesta significativa entre tratamientos, ya que las especies fueron sembradas tarde debiendo crecer en primavera, cuando la competitividad del tapiz natural era muy alta. A su vez, no se respetó el período óptimo entre siembra e ingreso de animales para que las especies se puedan establecer correctamente. Tal como lo afirma Carámbula (1996b), de ninguna manera se puede pretender utilizar una pastura recién mejorada para cubrir las necesidades productivas inmediatas del ganado, adelantado pastoreos. Los primeros pastoreos deberían realizarse cuando las leguminosas hayan alcanzado la etapa de dos hojas verdaderas. También es necesario que las plántulas estén bien enraizadas en el momento del primer pastoreo, esto sería a las 8-10 semanas de efectuada la siembra.

Sin embargo, existe en el CNM una mayor contribución de leguminosas no diferenciándose significativamente, posiblemente debido a que existe una gran variabilidad en los datos.

Las leguminosas observadas no fueron las sembradas, sino que en su mayoría fueron nativas tales como *Desmodium incanum* y *Medicago lupulina*. Esto podría estar explicado por el agregado de fósforo que tuvo el CNM al momento de la siembra; si bien en los tratamientos 60N y 120N también fue agregado fósforo, las leguminosas nativas tuvieron que competir con las gramíneas que fueron promovidas por el nitrógeno.

Para el remanente, tampoco existen diferencias significativas entre tratamientos para el componente leguminosas. Pero, al no agregarse N en el tratamiento CNM no aumentó la competencia de gramíneas, por lo que se observó un leve aumento de las leguminosas en dicho tratamiento frente a 60N y 120N.

Según Hatchondo, citado por Vidiella (1972), la fertilización fosfatada no mostró un cambio en la composición botánica en el primer año, sino que fue en el segundo año cuando aumentó el porcentaje de leguminosas nativas de un 5 a un 42% con la fertilización.

En el estudio del componente cardos pre pastoreo según historia de fertilización (Cuadro no. 28), se obtuvo como resultado una diferencia no significativa entre el tratamiento 60N B5 y el resto. Debido a que este grupo de especies es anual, el mismo es gran consumidor del nitrógeno (Young et al., citados por Larratea y Soutto, 2013), por lo que se esperaría el mismo resultado en el tratamiento 120N B5.

Cuadro no. 28. *Cirsium vulgare* + *Cardus spp.*, y leguminosas, según historia de fertilización

Trat.	<i>Cirsium vulgare</i> + <i>Cardus spp.</i> pre pastoreo		<i>Cirsium vulgare</i> + <i>Cardus spp.</i> remanente		Leguminosas pre pastoreo		Leguminosas remanente	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
60N	112	4,0	50	2,0	39	1,5	5 B	0,1 B
60N B5	356	8,0	321	22,0	123	3,3	13 B	0,9 B
120N	106	4,0	117	6,0	50	2,0	2 B	0,1 B
120N B5	106	4,0	247	18,0	28	1,5	77 A	6,0 A
DMS	350	9,5	534	26,0	107	3,7	23	0,9

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

Del mismo modo, en los kg/ha de MS remanente de cardos, se puede constatar que no hay diferencias significativas entre tratamientos, aunque los valores son mayores en los tratamientos con historia de fertilización. Esto puede estar explicado porque al ser anuales, se benefician con los efectos residuales de N en las parcelas, además de que dicho bloque presentó una mayor carga animal, produciéndose un mayor consumo de las especies más palatables, quitándole la competencia a los cardos y abriendo espacio para que estos se instalen. En porcentaje, al realizar el contraste entre los tratamientos con historia de fertilización respecto al resto, se obtuvieron diferencias significativas ( $p$ -valor: 0,04), siendo estos tratamientos los de mayor valor. A su vez, aumentó respecto al pre pastoreo, debido al rechazo generado por los animales.

En el caso de las leguminosas, no se reportaron diferencias significativas entre tratamientos, aunque era de esperar que los valores absolutos fueran bajos. A pesar de que todos los tratamientos fueron fertilizados con P, la fertilización nitrogenada promovió a las gramíneas, quienes

compitieron con las leguminosas, no dejándoles expresar su potencial de crecimiento. Por otro lado, al igual que los cardos, el tratamiento 60N B5 es el que presentó el mayor valor en kg/ha de MS de leguminosas, quienes al ser principalmente anuales invernales (*Medicago lupulina*), tienen un comportamiento similar a los cardos, ocupando el espacio vacío del suelo que había previo al experimento.

Por el contrario, existe efecto de tratamiento para el remanente de leguminosas (p-valor: 0,002 en kg/ha, p-valor: 0,0001 en porcentaje), siendo mayor para el 120N B5. Esto puede estar explicado dado a que las leguminosas predominantes son *Medicago lupulina* y *Desmodium incanum*, especies decumbente y postrada respectivamente, que lograron ocupar la mayor superficie de suelo descubierto que tiene dicho tratamiento.

#### 4.4.6 Porcentaje de suelo descubierto, cobertura de malezas de campo sucio y de *Eryngium horridum*

Con respecto al suelo descubierto pre pastoreo (Cuadro no. 29), los tratamientos que difieren significativamente fueron 60N y CN (p-valor: 0,02). Al no existir diferencias significativas en producción de kg/ha de MS, no se logró la mayor cobertura vegetal que se esperaba en tratamientos fertilizados.

Cuadro no. 29. Suelo descubierto, cobertura de malezas de campo sucio y de *Eryngium horridum*, según tratamiento

Trat.	Suelo descubierto pre pastoreo (%)	Suelo descubierto pos pastoreo (%)	MCS pre pastoreo (%)	MCS pos pastoreo (%)	<i>Eryngium horridum</i> pre pastoreo (%)	<i>Eryngium horridum</i> pos pastoreo (%)
CN	1,7 B	2,4	2,8	3,0	3,3	3,0
CNM	3,0 AB	2,5	2,6	7,0	2,4	3,0
60N	3,7 A	2,7	2,6	6,0	2,6	3,0
120N	2,8 AB	3,6	3,4	5,0	1,7	2,0
DMS	1,5	2,8	1,9	7,0	1,8	4,0

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

Estos resultados pueden estar explicados por la mayor cobertura de especies postradas como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* que se observaron en el CN. A igual producción que el resto de los tratamientos, éstas cubren en mayor medida al suelo.

En cuanto a las malezas de campo sucio (MCS), no existieron diferencias significativas entre tratamientos en el pre pastoreo, lo que no coincide con lo observado por Rodríguez Palma et al. (2008), quienes encontraron que en tratamientos fertilizados se redujo la proporción de MCS.

Así mismo, Berretta et al. (1998b) encontraron que las MCS, como *Baccharis coridifolia*, *Baccharis trimera* y *Heimia sp.*, no aumentaron con la fertilización, en una pastura que originalmente tenían escasa participación.

En el pos pastoreo, las MCS no mostraron diferencias entre tratamientos manteniendo valores bajos pero levemente mayores a los del pre pastoreo, debido al rechazo de las mismas por parte de los animales. Dichas malezas se corresponden principalmente a arbustos y subarbustos de los géneros *Baccharis* y *Eupatorium* y al rebrote de *Acacia caven*.

La cobertura de *Eryngium horridum* para el total del período de estudio no tuvo diferencias significativas entre tratamientos. Mientras que en el segundo ciclo de pastoreo se encontraron diferencias significativas (p-valor: 0,06), siendo el CN el tratamiento con mayor proporción de esta especie (4,4%), difiriendo del 120N (1,6%).

En el análisis según historia de fertilización (Cuadro no. 30), para el porcentaje de suelo descubierto pre pastoreo, existió un efecto tratamiento (p-valor: 0,05), pero sin diferencias significativas entre las medias de los mismos. Estos valores de suelo descubierto son muy pequeños, reflejo de la cantidad de especies postradas y las buenas producciones de las mismas.

Cuadro no. 30. Suelo descubierto, cobertura de malezas de campo sucio y de *Eryngium horridum*, según historia de fertilización

Trat.	Suelo descubierto pre pastoreo (%)	Suelo descubierto pos pastoreo (%)	MCS pre pastoreo (%)	MCS pos pastoreo (%)	<i>Eryngium horridum</i> pre pastoreo (%)	<i>Eryngium horridum</i> pos pastoreo (%)
60N	1,7	2,7	2,3	5,7	2,5	3,2
60N B5	3,2	1,7	1,4	0,0	1,3	0,8
120N	3,7	3,6	3,0	4,5	1,6	2,3
120N B5	4,0	7,3	0,9	0,5	0,8	1,8
DMS	2,4	5,5	3,5	13,0	2,0	6,0

No hay diferencias significativas (p-valor>0,10).

El área de suelo descubierto pos pastoreo, no presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo su valor numérico levemente mayor en el bloque 5. Esto estaría dado, porque en dicho tratamiento el suelo descubierto pre pastoreo también fue mayor sin diferencias significativas, además de que el forraje desaparecido fue mayor para los tratamientos del B5.

En cuanto a las MCS, Berretta et al. (1998b) concuerdan con estos resultados, ya que las mismas no tendieron a aumentar con la fertilización nitrogenada, en una pastura que originalmente tenía escasa participación. Mientras que Rodríguez Palma et al. (2008) agregan que en tratamientos fertilizados se redujo la proporción de estas especies.

Si bien no hay diferencias significativas entre tratamientos, para los tratamientos con historia de fertilización, se puede apreciar que la misma es casi nula, debido al manejo diferencial que ha tenido durante los años previos.

Por otra parte, la cobertura de *Eryngium horridum*, no presentó diferencias significativas entre tratamientos tanto pre pastoreo como pos pastoreo, pero al realizar un análisis de contraste entre los tratamientos con historia de fertilización respecto a lo de sin historia, existieron diferencias significativas ( $p$ -valor: 0,09) siendo mayores los tratamientos que fueron fertilizados por primera vez.

#### 4.5 CONSIDERACIONES FINALES

Respecto a los resultados obtenidos en el análisis de la respuesta de la pastura, y comparándolos con antecedentes dentro del país, se demuestra que se está frente a un campo natural de alta producción. Por otro lado, se esperaban aumentos en la TC de los tratamientos fertilizados, pero por tratarse del primer año de fertilización, y con solo la mitad de la dosis, el efecto del nitrógeno no se visualizó. A su vez, en el año en estudio las lluvias fueron superiores a la media histórica, lo que demuestra que el nitrógeno aplicado podría haberse perdido por lixiviación. En el análisis según historia de fertilización, tampoco hubo diferencias entre tratamientos para TC y producción. Esto podría estar explicado dado que los tratamientos con historia de fertilización, que se esperaba que fueran los de mayor respuesta, presentaron una OF muy baja, lo que pudo haber perjudicado a la producción.

En cuanto a la MS disponible, remanente, y desaparecida, no existieron efectos según tratamientos, mientras que en el estudio según historia de fertilización sí lo hubo. Esto es debido a que la oferta de forraje difirió entre tratamientos, siendo menor en tratamientos con historia de fertilización. Como consecuencia, la MS remanente fue menor y la MS desaparecida fue mayor en

dichos tratamientos. A su vez, existieron diferencias significativas para el porcentaje de MS desaparecida sobre disponible, siendo mayor en los tratamientos con historia de fertilización, debido a las diferencias en la MS desaparecida.

Como consecuencia de lo anterior, en el análisis de la altura pre pastoreo y remanente, se pudo observar que en todos los tratamientos la altura pre pastoreo siempre fue mayor al remanente, explicado por el consumo animal. En el caso de los tratamientos con historia previa de fertilización, estos tuvieron una menor altura del remanente, debido a la menor OF que tuvieron dichos tratamientos.

En el estudio de la ganancia animal, los resultados fueron corregidos por la covariable edad inicial, no presentando efecto tratamiento. Las causas que lo explican, es la ausencia de impacto de los tratamientos en producción, OF y en la MS desaparecida verde.

En lo referente a la composición botánica, no hubo diferencias entre tratamientos para la MST, MSV y RS, siendo los porcentajes de RS mayores en remanente que en pre pastoreo, apreciándose la selección animal.

Para las especies *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* en el pre pastoreo hubo diferencias en porcentaje entre CNM y 60N. En el remanente existió diferencia, siendo el CNM el de mayor cantidad de kg/ha respecto a los demás tratamientos. Una posible explicación podría ser que el tratamiento de CNM tuvo un valor numérico mayor de leguminosas (sin diferencias significativas entre tratamientos), especies de alta calidad, las cuales son muy apetecidas por los animales, y estos las prefirieron frente a *Bromus auleticus* + *Stipa spp.*, quienes se encontraban en estado reproductivo. En el análisis según historia de fertilización, las diferencias estuvieron dadas en el porcentaje pre pastoreo, siendo el tratamiento 120N el de mayor contribución y el 60N B5 el de menor. Sucedió que en los tratamientos con historia previa de fertilización, hubo un aumento en gramíneas anuales invernales (*Lolium multiflorum*), sin diferencias significativas, compitiendo de forma tal que se vieron perjudicadas *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* En los kg/ha y porcentaje de remanente de *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* los tratamientos con historia previa de fertilización fueron menores dado a la mayor carga y menor OF. A su vez, el porcentaje remanente de gramíneas invernales totales difirió significativamente siendo el tratamiento 60N el de mayor valor y el 120N B5 el de menor.

Estudiando el componente gramíneas estivales según tratamientos, no se observaron diferencias significativas en los kg/ha de MS pre pastoreo tanto para gramíneas estivales totales como para los distintos tipos productivos. En cambio, en el porcentaje pre pastoreo, las diferencias se dieron para gramíneas estivales totales siendo los tratamientos CN y CNM los que presentaron mayor

media, coincidiendo con los resultados de Rodríguez Palma et al. (2008), quienes obtuvieron una disminución de estas especies en los tratamientos fertilizados con nitrógeno, mientras que no hubo diferencias teniendo en cuenta los tipos productivos. Para el forraje remanente, no se observaron diferencias significativas en gramíneas estivales totales, tanto en kg/ha de MS como para el porcentaje; mientras que hubo diferencias significativas en el porcentaje remanente de gramíneas estivales de tipo productivo ordinario, entre CN y CNM. Esto es debido a que en este último tratamiento hubo un aumento en los kg/ha remanente de *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* así como también lo hubo en leguminosas en kg/ha pre pastoreo. Por otro lado, en la comparación según historia de fertilización, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para ninguno de los estudios. Cabe destacar que en todos los estudios, se obtuvo como resultado que fueron las gramíneas estivales de tipo productivo fino y tierno, las que predominaron en el experimento.

Respecto a las Ciperáceas + Juncáceas según tratamientos, se observaron diferencias significativas en el pre pastoreo, siendo el tratamiento 120N el que tuvo una mayor contribución de las mismas en comparación con el CNM, mientras que en el remanente, no hubo diferencias entre tratamientos, pero se mostró un mayor valor numérico en 120N, aunque las diferencias pudieron estar explicadas por las distintas zonas de cada parcela. De igual manera, en el análisis según historia de fertilización, si bien no se observaron diferencias significativas, se pudo observar una mayor contribución de estas especies en el 120N en kg/ha, tanto en pre pastoreo como en remanente.

En cuanto a las hierbas menores, hubo diferencias significativas en el pre pastoreo entre los tratamientos 60N y CN, no coincidiendo con lo estudiado por Rodríguez Palma et al. (2008), quienes obtuvieron que en pasturas fertilizadas se redujo el porcentaje de malezas menores y enanas. Contrariamente, no hubo diferencias entre tratamientos para el remanente. Para los tratamientos según historia de fertilización, no se observó diferencias significativas para ninguno de los estudios, sin embargo, en porcentaje pre pastoreo se realizó un contraste, el cual mostró que las hierbas menores disminuyeron en los tratamientos con historia de fertilización nitrogenada respecto a los del primer año de fertilización. Fue la competencia del *Lolium multiflorum*, lo que pudo haber ocasionado la disminución de estas especies de porte pequeño, ya que en estos tratamientos fue donde se encontró mayor cantidad de MS de gramíneas anuales invernales, y las hierbas menores relevadas son en su mayoría de ciclo invernal.

En lo que refiere a *Cirsium vulgare* + *Cardus spp.* en el análisis según tratamientos, en ninguno de los estudios se observaron diferencias significativas, posiblemente debido a la aplicación de 2,4-D amina previa al

inicio del experimento, ya que Zanoniani (2009) concluyó que se dió un aumento en la contribución de *Cirsium vulgare* + *Cardus spp.* en tratamientos fertilizados. Para los tratamientos según historia de fertilización, tampoco se obtuvieron diferencias significativas, aunque para el pre pastoreo se pudo observar que el tratamiento 60N B5 fue el que presentó un mayor valor numérico de estas especies; mientras que en el remanente, los tratamientos con historia de fertilización presentaron mayor contribución sin diferencias significativas. Por esto, se realizó un contraste en porcentaje remanente, obteniendo como resultado, una mayor contribución de *Cirsium vulgare* + *Cardus spp.* en el bloque 5.

Respecto a las leguminosas tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los estudios, aunque se detectó una mayor cantidad de las mismas en CNM, tanto en pre pastoreo como en remanente. Sin embargo, las leguminosas observadas no fueron las sembradas, sino que en su mayoría fueron nativas tales como *Desmodium incanum* y *Medicago lupulina*. Esto pudo estar explicado por el agregado de fósforo que tuvo el CNM al momento de la siembra; si bien en los tratamientos 60N y 120N también se agregó fósforo, las leguminosas nativas tuvieron que competir con las gramíneas que fueron promovidas por el nitrógeno. Hatchondo, citado por Vidiella (1972), estableció que la fertilización fosfatada no mostró un cambio en la composición botánica en el primer año, sino que fue en el segundo año cuando aumentó el porcentaje de leguminosas nativas de un 5 a un 42% con la fertilización. En pre pastoreo según historia de fertilización, no se detectaron diferencias entre tratamientos, tanto en kg/ha como en porcentaje; pero se observaron diferencias en el remanente entre 120N B5 y el resto de los tratamientos.

Por otro lado, se midió el porcentaje de suelo descubierto, cobertura de malezas de campo sucio y de *Eryngium horridum*.

Para suelo descubierto, únicamente se obtuvo diferencias significativas entre 60N y CN en porcentaje pre pastoreo. Estos resultados pudieron estar explicados por la mayor cobertura de especies postradas como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* que se observaron en el CN, ya que a igual producción que el resto de los tratamientos, éstas cubren en mayor medida al suelo. Si bien en porcentaje pos pastoreo según historia de fertilización, las diferencias no fueron significativas, se observa que hubo una mayor proporción del mismo en 120N B5.

En cuanto a las malezas de campo sucio según tratamientos, no hubo diferencias significativas, aunque la cobertura pos pastoreo fue levemente mayor que en pre pastoreo, debido al rechazo de los animales. Según historia de fertilización tampoco se obtuvieron diferencias, pero se pudo observar que

en el pos pastoreo, hubo muy poca cantidad de MCS en el bloque 5, debido al manejo que ha tenido en los últimos años.

Respecto a la especie *Eryngium horridum*, no hubo diferencias significativas según tratamiento tanto para pre como para post pastoreo. Según historia de fertilización, los tratamientos tampoco difirieron entre sí, mientras que al realizar el contraste en el pre pastoreo, se dieron diferencias entre los tratamientos fertilizados por primera vez respecto a los con historia de fertilización, siendo estos últimos los tuvieron menor porcentaje de *Eryngium horridum*.

## 5. CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada no permitió aumentar la producción de forraje primaveral.

Como consecuencia no fue posible incrementar la carga animal en kg/ha de PV.

El efecto de la fertilización y la introducción de leguminosas no tuvieron una respuesta sobre la composición botánica; las especies dominantes para todos los tratamientos fueron las de tipo productivo tierno-fino. No hubo un incremento significativo de la calidad de la pastura para los distintos tratamientos.

No se encontró efecto residual del nitrógeno de fertilizaciones anteriores en la composición botánica.

Las leguminosas sembradas no se observaron en el campo, aunque sí se incrementaron sin diferencias significativas las leguminosas nativas como *Medicago lupulina* y *Desmodium intanum*, favorecidas por la fertilización fosfatada exclusivamente.

Debido a que no hubo impacto productivo de la fertilización, no se lograron mayores ganancias de peso vivo por animal.

Esta falta de respuesta pudo deberse a que fue el primer año en que se instaló el experimento.

## 6. RESUMEN

El experimento se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el km 363 de la ruta General Artigas no. 3, departamento de Paysandú, Uruguay, en un área de campo natural (potrero no. 18). El experimento fue llevado a cabo desde principios de primavera (9 setiembre, 2014) a inicio de verano (22 diciembre, 2014). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta primaveral de una pastura natural con niveles crecientes de intervención, con leguminosa + fósforo y con nitrógeno + fósforo, bajo pastoreo rotativo, en: producción de forraje, evolución de la composición botánica y producción animal en kg de peso vivo. El diseño experimental fue en bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron dos niveles de nitrógeno, 60 y 120 kg/ha de N bajo forma de urea, campo natural mejorado (CNM) y campo natural (CN) como testigo. Por otro lado, el bloque 5, que corresponde a un campo natural con historia de fertilización NP, fue evaluado con dos repeticiones de 60 y de 120 kg/ha de N. Los animales utilizados fueron novillos de sobreaño de la raza Holstein. Los resultados obtenidos en el análisis de la respuesta de la pastura mostraron que el tratamiento sin fertilizar, se trató de un campo natural de alta producción, no mostrando diferencias respecto a los demás tratamientos. En cuanto a la materia seca remanente y desaparecida según historia de fertilización existieron diferencias significativas, debido a la menor oferta de forraje en los tratamientos con historia de fertilización. En el estudio de la ganancia de peso vivo animal, los resultados fueron corregidos por la covariable edad inicial, no presentando diferencias entre tratamientos, explicado por la ausencia de impacto de los tratamientos en producción y oferta de forraje. En lo referente a la composición botánica, para las especies *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* en el pre pastoreo hubo diferencias significativas en porcentaje, siendo el CNM el de mayor valor, al igual que en kg/ha remanente. En el análisis según historia de fertilización, las diferencias estuvieron dadas en el porcentaje pre pastoreo, siendo el tratamiento 120N el de mayor contribución. En los tratamientos con historia de fertilización, hubo un aumento en gramíneas anuales invernales (*Lolium multiflorum*), sin diferencias significativas, compitiendo de forma tal que se vieron perjudicadas *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* En cuanto a las gramíneas estivales según tratamientos se observaron diferencias significativas en el porcentaje para el forraje pre pastoreo y remanente, siendo los tratamientos CN y CNM los que presentaron mayores medias. Respecto a las Ciperáceas + Juncáceas según tratamientos, se observaron diferencias significativas en el pre pastoreo, siendo el tratamiento 120N el que tuvo una mayor contribución. En cuanto a las hierbas menores, hubo diferencias significativas en el pre pastoreo entre los tratamientos 60N y CN; en porcentaje pre pastoreo, el análisis de contraste mostró que las mismas

disminuyeron en tratamientos con historia de fertilización. En lo que refiere a *Cirsium vulgare* + *Cardus spp.* se realizó un contraste en porcentaje remanente, obteniendo como resultado una mayor contribución de dichas especies en los tratamientos con historia de fertilización. Respecto a las leguminosas tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los estudios, aunque se detectó una gran cantidad de las mismas en CNM; sin embargo, las leguminosas observadas no fueron las sembradas, sino que en su mayoría fueron nativas tales como *Desmodium incanum* y *Medicago lupulina*. Para suelo descubierto, únicamente se obtuvo diferencias significativas entre 60N y CN en pre pastoreo. En cuanto a las malezas de campo sucio y *Eryngium horridum*, no hubo diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las especies.

Palabras clave: Nitrógeno; Campo natural; Campo natural mejorado; Primavera.

## 7. SUMMARY

The experiment was conducted at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (EEMAC) of the Faculty of Agronomy, located at km 363 of the General Artigas route no. 3, in Paysandu, Uruguay, in an area of natural pasture (paddock no. 18). The experiment was carried out from early spring (September 9<sup>th</sup>, 2014) to early summer (December 22<sup>nd</sup>, 2014). The aim of this study was to evaluate the spring response of a native pasture with increasing levels of intervention, with leguminous + phosphorus and nitrogen + phosphorus, under rotational grazing in: forage production, evolution of the botanical composition and live weight production. The experiment consisted of a completely randomized block design with four replications, testing two levels of nitrogen, 60 and 120 kg/ha of N in form of urea, improved natural field (CNM) and natural field (CN) as a witness. On the other hand, the block 5, which corresponds to a natural field with history of NP fertilization, was evaluated with two repetitions of 60 and 120 kg/ha of N. The animals used were yearling steers of the Holstein breed. The results obtained in the analysis of pasture response showed that unfertilized treatment, it was a natural field of high production, showing no differences from other treatments. As for the remaining and disappeared dry matter according fertilization history there were differences, because de lower forage supply in treatments with fertilization history. In the study of live animal weight gain, results were adjusted by the covariate initial age, showing no differences among treatments, explained by the lack of impact of treatments on forage production and forage supply. Regarding to botanical composition, for the species *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* in the pre grazing, there were significant differences in the percentage, being the CNM the highest value as well as in kg/ha remaining. In the analysis according fertilization history, differences were given in the pre grazing percentage, being 120N the treatment of largest contribution. In the treatments with fertilization history, there was an increase in annual winter grasses (*Lolium multiflorum*), without significant differences, competing is such a way that *Bromus auleticus* + *Stipa spp.* were affected. As for the summer grasses according treatments, significant differences were observed in the percentage for the pre grazing and remaining forage, the treatments CN and CNM were those who presented the higher average. Regarding Cyperaceous + Juncaceous according treatments, significant differences were observed in the pre grazing, being the treatment 120N which had the greater contribution. As for the minor herbs, there were significant differences in pre grazing between 60N and CN treatments; in percentage pre grazing, a contrast test showed that minor herbs decreased in the treatments with nitrogen history fertilization. As regards *Cirsium vulgare* + *Cardus spp.* a contrast was performed for the remaining percentage, obtaining as a result a greater contribution of those species in treatments with fertilization history. With

regard to leguminous, no significant differences between treatments for any of the studies were observed, although a larger amount was detected in CNM; however, the observed leguminous were not sowed, but most of them were native, such as *Desmodium incanum* and *Medicago lupulina*. For uncovered soil, only significant differences between 60N and CN in pre grazing percentage were obtained. As to dirty field weeds (MCS) and *Eryngium horridum*, there were no significant differences between treatments for any species.

Keywords: Nitrogen; Natural field; Improved natural field; Spring.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Altesor, A.; Piñeiro, G.; Lezama, F.; Rodríguez, C.; Leoni, E.; Baeza, S.; Paruelo, J. M. 2005. El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas; ¿qué sabemos y cómo podemos usar el conocimiento para manejarlas mejor? *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 151).
3. Álvarez, M. C.; Alzaga, G.; Nopitsch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 137 p.
4. Apezteguía, E.; Bruni, M.; Orcasberro, R.; Rinaldi, C.; Soca, P.; Garín, D.; Machado, A. 1992. Evaluación de una cobertura de lotus con vacunos bajo distintas presiones de pastoreo. *In*: Jornada de Investigación sobre Producción Animal en Pastoreo (1991, Paysandú). Resúmenes. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 11-21.
5. \_\_\_\_\_. 1994. Potencial productivo de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul, submetida a distintas ofertas de forragem. Tesis Magister em Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 169 p.
6. Ayala, W.; Carriquiry, E.; Carámbula, M. 1993. Caracterización y estrategias de utilización de pasturas naturales en la Región Este. *In*: Jornada de Campo Natural (1993, Treinta y Tres). Campo natural; estrategia invernal, manejo y suplementación. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-28 (Actividades de Difusión no. 49).
7. \_\_\_\_\_.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. *In*: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).

8. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1996. Mejoramientos extensivos en la Región Este; implantación y especies. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 169-176 (Serie Técnica no. 80).
9. \_\_\_\_\_.; Bermúdez, R. 2005. Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de Lomadas en la Región Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 41-50 (Serie Técnica no. 151).
10. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2012a. Fertilización fosfatada en pasturas. In: 21 años de investigación; recopilación 1991-2011 pasturas, producción animal. Montevideo, INIA. 1 disco compacto, pp. 49-59.
11. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Carámbula, M. 2012b. Manejo y utilización de mejoramientos extensivos. In: 21 años de investigación; recopilación 1991-2011 pasturas, producción animal. Montevideo, INIA. 1 disco compacto, pp. 70-89.
12. Azanza, A.; Panissa, R. J.; Rodríguez d'Avila, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 78 p
13. Ball, P. R.; Field, T. R. 1982. Responses to nitrogen as affected by pasture characteristics, season and grazing management. In: Lynch, P. B. ed. Nitrogen fertilisers in New Zealand. Wellington, New Zealand Institute of Agricultural Science. pp. 45-64.
14. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
15. \_\_\_\_\_. 1998. Mejoramiento de campo: manejo de leguminosas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-62 (Serie Técnica no. 102).

16. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 151).
17. \_\_\_\_\_. 2012. Implantación de mejoramientos. In: 21 años de investigación; recopilación 1991-2011 pasturas, producción animal. Montevideo, INIA. 1 disco compacto, pp. 17-24.
18. Berretta, E. J. 1988. El pastoreo como herramienta para mejorar la productividad de las pasturas naturales. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos y Chaco (9a., 1987, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Tacuarembó, s.e. pp. 79-93.
19. \_\_\_\_\_.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S.; Bemhaja, M.; Pittaluga, O.; Silva, J. A.; Guerra, J. C. 1990a. Efecto del sistema de pastoreo. Relación lanar/vacuno y carga animal sobre la producción y utilización de pasturas naturales. Evolución de la vegetación en pastoreo continuo y rotativo a igual dotación y relación lanar/vacuno 2/1. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 291-298.
20. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1990b. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de leguminosas. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 197-204.
21. \_\_\_\_\_.; Formoso, D.; Carbajal, C. M.; Fernández, J.; Gabachutto, I. R. 1990c. Producción y calidad de diferentes especies forrajeras nativas en condiciones de campo. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 49-62.
22. \_\_\_\_\_.; Bemhaja, M. 1991. Producción de pasturas naturales en basalto. Producción estacional de forraje de tres comunidades nativas sobre suelos de basalto. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 19-23 (Serie Técnica no. 13).

23. \_\_\_\_\_. 1996. Campo natural; valor nutritivo y manejo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 113-127 (Serie Técnica no. 80).
24. \_\_\_\_\_. 1998a. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 91-98 (Serie Técnica no. 102).
25. \_\_\_\_\_.; Risso, D. F.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S. 1998b. Mejoramiento de campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 63-74 (Serie Técnica no. 102).
26. \_\_\_\_\_. 2005. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de basalto. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 61-74 (Serie Técnica no. 151).
27. Boggiano, P. 1990. Evaluación de 14 gramíneas perennes bajo pastoreo. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 185-195.
28. \_\_\_\_\_. 2000. Dinâmica de produção primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis (Doctorado). Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Río Grande do Sul. Faculdade de Agronomía. 191 p.
29. \_\_\_\_\_.; Zanoniani, R.; Millot, J. C. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 105-114 (Serie Técnica no. 151).
30. Bossi, J. 1969. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones. 464 p.

31. Burgos de Anda, A. 1974. Efecto de la fertilización mineral NP en la producción de forraje de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
32. Cangiano, C. A. 1997. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, Argentina, INTA. 145 p.
33. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 241 p.
34. \_\_\_\_\_. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
35. \_\_\_\_\_. 1996a. Mejoramientos extensivos; fundamentos. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 241-245 (Serie Técnica no. 80).
36. \_\_\_\_\_. 1996b. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
37. \_\_\_\_\_.; Ayala, W.; Carriquiry, E. 1998 Algunos aspectos de manejo de mejoramientos extensivos. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14°. , 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 45-48 (Serie Técnica no. 94).
38. \_\_\_\_\_. 2007a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
39. \_\_\_\_\_. 2007b. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
40. \_\_\_\_\_.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. 2012. Campo natural; variables básicas que permiten fijar pautas para su manejo. In: 21 años de investigación; recopilación 1991-2011 pasturas, producción animal. Montevideo, INIA. 1 disco compacto, pp. 5-13.
41. Cardoso, R.; Kunrath, T; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur. Bioma Campos; innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad (22°. , 2008, Minas). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 206-207.

42. Caresani, D.; Juanicotena, M. A. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la utilización de especies de un campo natural bajo pastoreo de vacunos en el predio otoñal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 125 p.
43. Carriquiry, E.; Ayala, W.; Carámbula, M. 1998. Estudios en implantación de Mejoramientos extensivos. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14°. , 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 39-44 (Serie Técnica no. 94).
44. \_\_\_\_\_. 2012. Evaluación de leguminosas para mejoramientos extensivos. In: 21 años de investigación; recopilación 1991-2011 pasturas, producción animal. Montevideo, INIA. 1 disco compacto, pp. 25-38.
45. Castro, E. 1980. Trabajos en pasturas. In: Jornadas Ganaderas de Basalto (1as., 1980, Molles del Queguay). Trabajos presentados. Paysandú, UY, CIAAB/ENN. pp. 30-47.
46. Cayley, J. W.; Bird, P. R. 1991. Measurement of pasture mass. In: Cayley, J. W.; Bird, P. R. eds. Techniques for measuring pastures. Victoria, Australia, Department of Agriculture. pp. 1-20.
47. Crempien, C. 2008. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 72 p.
48. Damboriarena, C. 1990. Avaliacao agronomica de uma pastagem natural sob niveis de pressao de pastejo. Tesis Magister em Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomia. 321 p.
49. Del Puerto, O. 1990. Las malezas de los campos; II. La cardilla (*Eryngium horridum*). Lananoticias. no. 94:12-13.
50. Durán, A. 1985. Factores y procesos de la formación del suelo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 143 p.
51. Escudero, J.; Morón, A. 1978. Caracterización de la capacidad de fijación de fósforo de distintos suelos del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100 p.

52. Fernández Grecco, R. C.; Mazzanti, A.; Echeverría, H. E. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de forraje de un pastizal natural de la pampa deprimida bonaerense (Argentina). In: Congreso Argentino de Producción Animal (19º., 1995, Mar del Plata, AR). Memorias. Revista Argentina de Producción Animal. 15 (11): 173-176.
53. Formoso, F. A. 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. 1-20 (Serie Técnica no. 80).
54. García, J. A. 1995. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, Uruguay, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
55. García, M. A.; González, O. A.; Queheille, F. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Stipa setigera* presl. en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 141 p.
56. Garín, D.; Machado, A.; Rinaldi, C. 1993. Performance de novillos Holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural con *Lotus corniculatus* en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.
57. Gastal, F.; Belanger, G. 1993. The effects of nitrogen fertilization and the growing season on photosynthesis of field-grown tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) canopies. *Annals of Botany*. 72: 401-408.
58. Graf, E.; Gazzano, I.; Torres, A.; Bresciano, D.; Pezzani, F.; Burgueño, J. 1998. Proyecto; ecología de las malezas en campo natural. *Eryngium horridum* "Cardilla". Efecto del pastoreo sobre el comportamiento poblacional. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14ª., 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 193-198 (Serie Técnica no. 94).
59. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. Measurement of continuously grazed pasture. In: Cayley, J. W. D.; Bird, P. R. eds. Techniques for measuring pastures. Victoria, Australia, Department of Agriculture. pp. 13-20.

60. Hodgson, J.; Tayler, J. C.; Lonsdale, C. R. 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of calves. *Journal of British Grassland Society*. 26 (4): 231-238.
61. Hoglund, O. K.; Miller, H. W.; Hafenrichter, A. L. 1952. Application of fertilizers to aid conservation on annual forage range. *Journal of Range Management*. 5 (2): 55-61.
62. Jaurena, M.; Mayans, M.; Punschke, K.; Reyno, R.; Millot, J. C.; Labandera, C. 2005. Diversidad simbiótica en leguminosas forrajeras nativas; aportes para el mejoramiento sustentable del campo natural. *In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres)*. Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 9-14 (Serie Técnica no. 151).
63. Larratea, F.; Soutto, J. P. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 141 p.
64. Lemaire, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. *In: Simposio Internacional Sobre Producao Animal em Pastejo (1997, Brasil)*. Trabalhos apresentados. Vicosa, MG, BR, Universidade Federal Vicosa. Departamento de Zootecnia. pp. 116-141.
65. \_\_\_\_\_; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; de F. Carvalho, P. C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingford, CABI. pp. 265-286.
66. Maraschin, E.G. 2001. Production potential of South American grassland. *In: International Grassland Congress (19<sup>o</sup>., 2001, São Pedro, SP, Brasil)*. Proceedings. São Pedro, s.e. pp. 1-33.
67. Mas, C. 2012. Mejoramientos extensivos; antecedentes. *In: 21 años de investigación; recopilación 1991-2011 pasturas, producción animal*. Montevideo, INIA. 1 disco compacto, pp. 4-9.
68. Mazzanti, A.; Wade, M. H.; García, S. C. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada en invierno sobre el crecimiento y la composición química de raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal*. 17 (1): 25-32.

69. Mezzalira, J. C.; Nabinger, C.; Bremm, C.; Kuhn da Trindade, J.; Fonseca do Amaral, M.; Fonseca, L.; Carvalho, P. 2008. Filocrono de *Paspalum notatum* em funcao de diferentes ofertas de forragem em pastagem natural do sul do Brasil. In: Reunión el Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur. Bioma Campos; innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad (22°. 2008, Minas). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 195-196.
70. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2014. Anuario estadístico agropecuario 2014. (en línea). Montevideo. 242 p. Consultado 5 abr. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2014/Diea-Anuario%202014-Digital01.pdf>
71. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
72. Molfino, J. H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay; segunda aproximación. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. División Suelos y Aguas. s.p. Consultado 28 jul. 2016. Disponible en [http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/rec\\_nat/agua\\_disp\\_uru.pdf](http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/rec_nat/agua_disp_uru.pdf)
73. Montefiori, M.; Vola, E. 1990. Efecto de competencia de las malezas *Eryngium horridum* (cardilla) y *Baccharis coridifolia* (mio-mio) sobre la producción del campo natural en suelos de la unidad "La Carolina". In: Seminario Nacional de Campo Natural (2°. 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 125-132.
74. Montossi, F.; Risso, D. F.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 93-106 (Serie Técnica no. 80).
75. \_\_\_\_\_; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Berretta, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos; teoría y práctica. Montevideo, Uruguay, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113).

76. Morón, A. 1994. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51).
77. \_\_\_\_\_. 1996. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo. In: Berretta, E. J.; Morón, A.; Risso, D. F. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 80).
78. Mott, G. 1960. Greazing preassure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8°. 1960, Reading, England). Proceedings. Reading, s. e. pp. 606-611.
79. Nabinger, C. 1996. Aspectos ecofisiologicos do manejo de pastagens e itilizacao de modelos como ferramenta de diagnostico e inicacao de necessidade de pesquisa. In: Reunião do Grupo Tecnico Regional do Conde do Sul (zona campos) em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Areas Tropical e Subtropical (16°. 1996, Porto Alegre, RS, Brasil). Trabalhos apresentados. Porto Alegre, s.e. pp. 17-61.
80. \_\_\_\_\_.; Dall'Agnol, M.; de Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e productividad en pastagens. In: Manejo conservacionista de pastagens; um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, Brasil, s.e. 1 disco compacto.
81. Olmos, F. 1990. Caracterización de comunidades naturales en la región noreste. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2°. 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 3-10.
82. \_\_\_\_\_. 1992. Aportes para el manejo de campo natural; efecto de la carga animal y el período de descanso en la producción y evolución de un campo natural de Caraguatá (Tacuarembó). Montevideo, Uruguay, INIA. 40 p. (Serie Técnica no. 20).
83. Parsons, A.; Rowarth, J.; Thornely, J.; Newton, P. 2011. Primary production of grassland, herbage accumulation and use, and impacts of climate change. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; Chabbi, A. eds. Grassland productivity and ecosystem services. Wallingford, CABI. pp. 6-9.
84. Pereira, A. R. 2005. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite Mather. *Agrometeorología*. 64 (2): 311-313.

85. Pigurina, G.; Soarez de Lima, J. M.; Berretta, E. J.; Montossi, F.; Pittaluga, O.; Ferreira, G.; Silva, J. A. 1998. Características del engorde a campo natural. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 137-145 (Serie Técnica no. 102).
86. Pizzio, R. M.; Royo Pallarés, O. 1998. Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad. Efecto de la carga animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14°. 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 133-140 (Serie Técnica no. 94).
87. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. In: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 27-32 (Serie Técnica no. 51).
88. Risso, D. F.; Coll, J.; Zarza, A. 1990a. Evaluación de leguminosas para mejoramiento extensivo sobre Cristalino (II). In: Seminario Nacional de Campo Natural (2°. 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 231-242.
89. \_\_\_\_\_.; Morón, A. 1990b. Evaluación de mejoramientos extensivos de pasturas naturales en suelos sobre Cristalino (1984-1990) (II). In: Seminario Nacional de Campo Natural (2°. 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 205-230.
90. \_\_\_\_\_. 1990c. Pasturas implantadas. In: Seminario Técnico de Producción Ovina (3°. 1990, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, SUL. pp. 239-250.
91. \_\_\_\_\_.; Berretta, E. J.; Levratto, J.; Zamit, W. 1998a. Intensificación del engorde en la región basáltica; III) Efecto de la fertilización N\*P y la carga animal, sobre la productividad de una pastura natural. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 175-182 (Serie Técnica no. 102).
92. \_\_\_\_\_. 1998b. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14°. 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 23-30 (Serie Técnica no. 94).

93. Rodríguez Palma, R. 1998. Fertilización nitrogenada de un pastizal de la Pampa deprimida; crecimiento y utilización del forraje bajo el pastoreo de vacunos. Tesis Magister Scientiae. Balcarce, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 135 p.
94. \_\_\_\_\_.; Saldanha, S.; Andión, J.; Vergnes, P. 2004. Fertilización nitrogenada de un campo natural de Basalto I. Producción de forraje. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical. Grupo Campos; Sustentabilidad, Desarrollo y Conservación de Ecosistemas (20°. 2004, Salto). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 298-299.
95. \_\_\_\_\_.; Rodríguez, T.; Andión, J.; Vergnes, P. 2008. Fertilización de campo natural; respuesta en producción de forraje. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur. Bioma Campos; Innovando para Mantener su Sustentabilidad y Competitividad (22°. 2008, Minas). Memorias. Montevideo, Uruguay, INIA. p. 175
96. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2010. Fertilización de campo natural; productividad animal. In: Congreso Asociación Uruguaya de Producción Animal (3°. 2010, Montevideo). Resúmenes. Agrocienca (Montevideo). 14 (3): 134.
97. Rogler, G. A.; Lorenz, R. J. 1957. Nitrogen fertilization of northern great plains rangeland. Press, A. Society for Range. Journal of Range Management. 10 (4): 156-160.
98. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Reimp. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 321 p.
99. Saldanha, S. 2005 Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de Basalto y suelos arenosos del Cretácico; frecuencia de las defoliaciones. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 75-84 (Serie Técnica no. 151).
100. Scaglia, G. 2012. Aspectos nutricionales en el uso de los mejoramientos. In: 21 años de investigación; recopilación 1991-2011 pasturas, producción animal. Montevideo, INIA. 1 disco compacto, pp. 19-24.

101. 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. Facultad de Agronomía. 98 p.
102. Smith, J. L. 1994. Cycling of nitrogen through microbial activity. In: Hatfield, J. L.; Stewart, B. A. eds. Soil biology; effects on soil quality. Florida, Lewis Publishers. pp. 91-119.
103. Soca, P.; Rinaldi, C.; Espasandín, A. 1998. Presiones de pastoreo, reducción del área pastoreada y comportamiento animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14°. 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 157-162 (Serie Técnica no. 94).
104. Tothill, J. C.; Hargreaves, J. N.; Jones, R. M.; McDonald, C. K. 1992. Botanal; measuring the botanical composition of grazed pastures. St. Lucia, Brisbane, Queensland, Australia, CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. 24 p
105. Vidiella, J. C. 1972. Evaluación de métodos de mejoramiento de campo natural y su respuesta a la fertilización fosfatada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 72 p.
106. Whitehead, D. C. 1970a. Influence of light and temperature. In: Whitehead, D. C. ed. The role of nitrogen in grassland productivity. Bucks, CAB. pp. 66-68.
107. \_\_\_\_\_. 1970b. Influence of season of the year and length of growth period. In: Whitehead, D. C. ed. The role of nitrogen in grassland productivity. Bucks, CAB. pp. 108-118.
108. Woledge, J.; Pearse, P. J. 1985. The effect of nitrogenous fertilizer on the photosynthesis of leaves of a regrass sward. Grass and Forage Science. 40: 305-309.
109. Zamalvide, J. 1998. Fertilización de pasturas. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14°. 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 97-108 (Serie Técnica no. 94).

110. Zanoniani, R. A. 1997. Campo natural; síntomas de degradación productiva y medidas preventivas para su control. Cangüé. no. 10: 22-26.
111. \_\_\_\_\_. 2009. Efecto de la oferta de forraje y de la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 63 p.
112. \_\_\_\_\_.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. Agrociencia (Montevideo). 15 (1): 115-124.