

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA A LOS NIVELES DE INTERVENCIÓN DE UN CAMPO
NATURAL SOBRE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA**

por

**Juan Martín GALLINAL ARRICAR
Ramiro GARCÍA PINTOS BERISSO
Fernando GARCÍA PINTOS 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 Nöell

.....
Ing. Agr. David Silveira

Fecha:

10 de agosto de 2016

Autores:

.....
Juan Martín Gallinal

.....
Ramiro García Pintos

.....
Fernando García Pintos

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Pablo Boggiano, orientador de este trabajo, por su apoyo y ayuda para la realización del mismo.

A la Facultad de Agronomía, por el conocimiento brindado en estos años de estudio.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A nuestros amigos, por los momentos compartidos.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. EFECTO DEL NITRÓGENO	3
2.1.1. <u>N en el suelo (cantidad y formas)</u>	3
2.1.2. <u>N en la planta (absorción y metabolismo)</u>	3
2.1.3. <u>Efecto del N sobre la producción de forraje</u>	4
2.1.4. <u>Efecto del N sobre la variabilidad de la producción</u>	5
2.1.5. <u>Efecto del N sobre la estacionalidad de la producción</u>	6
2.1.6. <u>Efecto del N sobre la composición botánica</u>	8
2.1.7. <u>Efecto del N sobre la calidad del forraje</u>	9
2.1.8. <u>Otras respuestas al N</u>	10
2.1.9. <u>Eficiencia de utilización del nitrógeno</u>	11
2.1.10. <u>Efecto del nitrógeno sobre la producción animal</u>	11
2.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE.....	13
2.2.1. <u>Efecto de la OF sobre la producción de forraje</u>	13
2.2.2. <u>Efecto de la OF sobre la estacionalidad de la producción</u>	15
2.2.3. <u>Efecto de la OF sobre la composición botánica</u>	16
2.2.4. <u>Efecto de la OF sobre la producción animal</u>	18
2.3. EFECTO DEL MEJORAMIENTO EXTENSIVO	19
2.3.1. <u>Introducción de leguminosas en campo natural</u>	19
2.3.2. <u>Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje</u>	20
2.3.3. <u>Efecto del mejoramiento sobre la variabilidad y estacionalidad</u> ..	21
2.3.4. <u>Efecto del mejoramiento sobre la composición botánica</u>	22
2.3.5. <u>Efecto del mejoramiento sobre la calidad del forraje</u>	24
2.3.6. <u>Efecto del mejoramiento sobre la producción animal</u>	25
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	27

3.1.	CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES	27
3.1.1.	<u>Localización y periodo de evaluación</u>	27
3.1.2.	<u>Información meteorológica</u>	27
3.1.3.	<u>Descripción del sitio experimental</u>	27
3.1.3.1.	Suelos	27
3.1.3.2.	Vegetación	27
3.1.3.3.	Antecedentes del potrero	28
3.1.4.	<u>Animales experimentales</u>	28
3.1.5.	<u>Tratamientos y diseño experimental</u>	28
3.1.5.1.	Siembra y fertilización	30
3.2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	30
3.2.1.	<u>Manejo experimental</u>	30
3.2.2.	<u>Determinaciones en la pastura</u>	31
3.2.2.1.	Estimación de la materia seca presente	31
3.2.2.2.	Estimación de la producción de MS	32
3.2.2.3.	Estimación de la tasa de crecimiento del forraje	32
3.2.2.4.	Estimación de la MS disponible	33
3.2.2.5.	Estimación de la altura de la MS disponible	33
3.2.2.6.	Estimación de la MS remanente	33
3.2.2.7.	Estimación de la altura de la MS remanente	33
3.2.2.8.	Estimación de la MS desaparecida	33
3.2.2.9.	Determinación de la composición botánica	33
3.2.3.	<u>Determinaciones en los animales</u>	34
3.2.3.1.	Peso vivo	34
3.2.3.2.	Carga total e instantánea	34
3.2.3.3.	Ganancia animal	35
3.2.3.4.	Ganancia por hectárea	35
3.2.4.	<u>Oferta de forraje</u>	35
3.2.5.	<u>Calidad del forraje consumido por los animales</u>	35
3.3.	HIPÓTESIS	36
3.3.1.	<u>Hipótesis biológica</u>	36
3.3.2.	<u>Hipótesis estadística</u>	36
3.4.	MODELO ESTADÍSTICO	36
3.4.1.	<u>Modelo estadístico para la pastura</u>	36
3.4.2.	<u>Modelo estadístico para el animal</u>	37
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39

4.1.	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	39
4.1.1.	<u>Temperatura</u>	39
4.1.2.	<u>Precipitaciones</u>	40
4.2.	PRODUCCIÓN PRIMARIA	42
4.2.1.	<u>Análisis del periodo total para el experimento 1</u>	42
4.2.1.1.	Efecto del tratamiento	42
4.2.1.2.	Efecto de la estación	45
4.2.2.	<u>Análisis del periodo de verano para el experimento 1</u>	46
4.2.2.1.	Efecto del tratamiento	46
4.2.3.	<u>Análisis del periodo de otoño para el experimento 1</u>	48
4.2.3.1.	Efecto del tratamiento	48
4.2.4.	<u>Análisis del periodo total para el experimento 2</u>	50
4.2.4.1.	Efecto del tratamiento	51
4.2.4.2.	Efecto de la estación	52
4.2.4.3.	Efecto de la interacción estación por tratamiento	54
4.3.	PRODUCCIÓN SECUNDARIA	55
4.3.1.	<u>Análisis del periodo total para el experimento 1</u>	55
4.3.1.1.	Efecto del tratamiento	55
4.3.2.	<u>Análisis del periodo estacional para el experimento 1</u>	58
4.3.2.1.	Efecto del tratamiento	58
4.3.3.	<u>Análisis del periodo total para el experimento 2</u>	60
4.3.3.1.	Efecto del tratamiento	60
4.3.4.	<u>Análisis por estación para el experimento 2</u>	62
4.4.	COMPOSICIÓN BOTÁNICA	63
4.4.1.	<u>Análisis del periodo total para el experimento 1</u>	63
4.4.1.1.	Efecto del tratamiento	63
4.4.1.2.	Efecto de la estación	67
4.4.2.	<u>Análisis del periodo total para el experimento 2</u>	73
4.4.2.1.	Efecto del tratamiento	73
4.4.2.2.	Efecto de la estación	77
4.4.3.	<u>Análisis del remanentes del experimento 1 para el periodo total</u>	83
4.4.3.1.	Efecto del tratamiento	84
4.4.4.	<u>Análisis del remanente para el periodo total experimento 2</u>	85
4.4.4.1.	Efecto del tratamiento	85
4.4.5.	<u>Resumen: análisis de los componentes principales</u>	86
4.5.	CONSIDERACIONES FINALES	91

5.	<u>CONCLUSIONES</u>	94
6.	<u>RESUMEN</u>	95
7.	<u>SUMMARY</u>	97
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	99
9.	<u>ANEXOS</u>	115

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto del tratamiento sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC) para el total del periodo.....	42
2. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el total del periodo.....	43
3. Efecto de la estación sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC).	45
4. Efecto de la estación sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des).	45
5. Efecto del tratamiento sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC) para el periodo de verano.	47
6. Efecto de la intervención sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el periodo de verano.....	48
7. Efecto del tratamiento sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC) para el periodo de otoño.	49
8. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el periodo de otoño.....	50
9. Efecto de la historia de fertilización sobre la producción total (ProdT) y tasa de crecimiento (TC) para el total del periodo.	51
10. Efecto de la historia de fertilización sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem),	

altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el total del periodo.	52
11. Efecto de la estación sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC).	53
12. Efecto de la estación sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des).	53
13. Efecto de la interacción estación por tratamiento sobre el forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido (Des) como porcentaje del disponible.	54
14. Efecto del tratamiento en la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal) para el periodo total.	55
15. Efecto del tratamiento en los parámetros de calidad del forraje cosechado, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (aFDNmo), fibra detergente ácido (FDAmo), lignina (Lig) y digestibilidad in vitro (DIVMS) para el periodo total.	57
16. Efecto del tratamiento en la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal) para el periodo de verano.	58
17. Efecto del tratamiento en la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal) para el periodo otoño.	59
18. Efecto de la estación en los parámetros de calidad del forraje, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (aFDNmo), fibra detergente ácido (FDAmo), lignina (Lig) y digestibilidad in vitro (DIVMS).	60
19. Efecto del tratamiento en el periodo total para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total	

(CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal).....	61
20. Efecto del tratamiento en el periodo verano para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal).....	62
21. Efecto del tratamiento en el periodo otoño para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal).....	63
22. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), <i>Paspalum notatum</i> (Pnot), gramíneas estivales tierno-finas (GETF), gramíneas estivales ordinario-duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento.....	64
23. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y <i>Eryngium horridum</i> (cobEh) en los disponibles promedio según tratamiento.	65
24. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), <i>Paspalum notatum</i> (Pnot), gramíneas estivales tierno-finas (GETF), gramíneas estivales ordinario-duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según estación.	67
25. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y <i>Eryngium horridum</i> (cobEh) en los disponibles promedio según estación.....	68
26. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), <i>Paspalum notatum</i> (Pnot), gramíneas estivales tierno-finas (GETF), gramíneas estivales ordinario-duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento e historia de fertilización.	74

27. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los disponibles promedio según tratamiento e historia de fertilización..... 77
28. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno–finas (GETF), gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) para los tratamientos nitrogenados según estación. 77
29. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los disponibles promedio de tratamientos nitrogenados según estación. 78
30. Materia seca total remanente en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno–finas (GETF), gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento..... 84
31. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los remanentes promedio según tratamiento. 84
32. Composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno–finas (GETF), gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento y la historia de fertilización..... 85
33. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) promedio en los distintos tratamientos..... 86
34. Correlaciones de las componentes principales 1 y 2 con las variables originales: Leguminosas (LEG), *Paspalum notatum* (Pnot), Gramíneas estivales tierno–finas (GETF), Gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), Gramíneas invernales (GI), Hierbas (Hier), Restos secos disponibles (RSD), Cobertura de suelo desnudo (CobSD), Cobertura de malezas de campo sucio (CobMCS) y Cobertura de *Eryngium horridum* (CobEhorr). 88

Figura No.

1. Croquis de la disposición de los bloques y los tratamientos en el sitio experimental.....	29
2. Temperaturas máximas, mínimas y medias entre enero y mayo de 2015 y medias de los mismos meses para la serie 2002–2014.	39
3. Volumen de precipitaciones ocurridas de diciembre 2014 a mayo del 2015 y serie histórica 2002-2013 para dichos meses.	40
4. Evolución del agua disponible en el suelo, evapotranspiración real y periodos de déficits-excesos hídricos para el periodo bajo evaluación.	41
5. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas estivales (GE) para cada tratamiento a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).	69
6. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas invernales (GI) para cada tratamiento a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).	71
7. Aporte relativo de gramíneas estivales (GE) e invernales (GI) al total producido por la fracción gramínea y relación kg MS invernales/kg MS estivales.	72
8. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de los restos secos disponibles (RSD) para cada tratamiento a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).....	73
9. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas estivales (GE) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).	79
10. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas invernales (GI) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).	80
11. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de leguminosas nativas (Leg) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).	81

12. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de hierbas menores, enanas y cardos (Hier) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).	82
13. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de los restos secos disponibles (RSD) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).	83
14. Biplot de grupos de especies y tratamientos por estación resultado de un análisis de componentes principales. Campo natural en verano y otoño (CN V y CN O), campo natural mejorado en verano y otoño (CNM V y CNM O) Nitrógeno nuevo 60 Kg/ha en verano y otoño (60N V y 60N O), Nitrógeno nuevo 120 Kg/ha en verano y otoño (120N V y 120N O), Nitrógeno viejo 60 Kg/ha en verano y otoño (60N1 V y 60N1 O), Nitrógeno viejo 120 Kg/ha en verano y otoño (120N1 V y 120N1 O), Leguminosas (LEG), <i>Paspalum notatum</i> (Pnot), Gramíneas estivales tierno–finas (GETF), Gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), Gramíneas invernales (GI), Hierbas (Hier), Restos secos disponibles (RSD), Cobertura de suelo desnudo (CobSD), Cobertura de malezas de campo sucio (CobMCS) y Cobertura de <i>Eryngium horridum</i> (CobEhorr).....	87
15. Relación entre altura del tapiz y los kg/ha de MS presente para la estación estival.	90
16. Relación entre altura del tapiz y los kg/ha de MS presente para la estación otoñal.	91

1. INTRODUCCIÓN

La importancia económica del recurso campo natural en el Uruguay radica en ser el principal sustento de la producción pecuaria del país, alcanzando unas 11.200.000 ha, lo que representa un 68,5% de la superficie total explotada y un 88% del área ganadera (MGAP. DIEA, 2015). Generar mayor conocimiento relativo a los impactos que diferentes medidas de manejo como el método e intensidad de pastoreo, la introducción de especies y la fertilización nitrogenada puedan tener sobre la productividad del campo natural, es un aspecto clave para la mejora de la productividad de los sistemas ganaderos, sobre todo de aquellos más extensivos.

El campo natural ha sido definido como un tipo de cobertura vegetal predominantemente herbácea conformada por especies gramíneas (Berretta y do Nascimento, 1991), con dominancia de especies de tipo C4 y escasas C3 (Berretta et al., 1998b); en asociación con leguminosas y graminoides (Millot et al., 1987), y plantas subarborescentes, con rara aparición de árboles (Berretta y do Nascimento, 1991), integrando un complejo ecosistema con macro, meso y microorganismos de rol no muy conocido (Millot et al., 1987).

Los campos naturales están constituidos por una cobertura vegetal, desarrollada ininterrumpidamente sobre un mosaico de suelos y topografías diferentes, que determina que en cortas distancias existan importantes variaciones en fertilidad, regímenes hídricos, insolación, temperaturas, etc. (Del Puerto, citado por Boggiano, 2003), imprimiendo a su vez características particulares a la vegetación que sobre ellos se desarrolla. Como resultado de esa estrecha asociación suelo-planta, las praderas naturales se constituyen en un complejo mosaico constituido por un número muy grande de especies que cambian sus frecuencias y sus hábitos fisiológicos y ecológicos, adaptándose a las condiciones cambiantes del material geológico, suelo, topografía, bajo el efecto del manejo del pastoreo (Millot et al., 1987), resultando en una serie de comunidades vegetales de apariencia homogénea, pero heterogéneas en composición y estructura (Rosengurtt, citado por Boggiano, 2003).

Si bien existe una gran diversidad florística en las pasturas naturales de nuestro país, existen una serie de características comunes a éstas, como una baja proporción de leguminosas, una baja relación entre gramíneas invernales y estivales (Carámbula, 1997), y por último, una seria limitante a la productividad en los periodos de baja actividad biológica, resultado de los suelos moderadamente ácidos y con bajo contenido de nutrientes sobre los cuales se desarrollan las especies (Zamalvide 1998, Zanoniani et al. 2011). El conjunto de estas características determinan una marcada estacionalidad de la oferta de forraje, constituyéndose la producción invernal en una de las limitantes,

reportándose por parte de Boggiano et al. (2005) tasas de crecimiento promedio de 4,4 kg MS/ha. Por otra parte se registra una baja calidad del forraje disponible durante las estaciones de primavera y verano, registrándose valores por debajo del 60% de digestibilidad (Deregibus, citado por Maraschin, 2001).

El citado problema de la estacionalidad en la producción se ve potenciado por los sistemas de pastoreo que manejan una carga fija animal durante todo el año, que determinan un sobrepastoreo durante el periodo invernal que se traslada sobre las escasas y palatables invernales, lo cual, al perpetuarse en el tiempo, conllevan a una menor participación de las mismas dentro del tapiz, y por tanto a una menor producción invernal.

Levantar estas limitantes de la principal base forrajera de los sistemas ganaderos de nuestro país posibilitaría el aumento de la capacidad de carga, es decir, aumentar la máxima dotación posible en la que no se inducen daños a la vegetación o recursos relacionados (Berretta y do Nascimento, 1991), lo cual redundaría en aumentos en la producción en términos de peso vivo por hectárea.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la respuesta de un campo natural sometido a mejoramiento con leguminosas, y con dos niveles de fertilización nitrogenada.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar las variaciones en producción de forraje debidas a los diferentes niveles de intervención.

Evaluar las variaciones de desempeño individual de los animales pastoreando en las diferentes intervenciones de campo.

Evaluar los cambios en la composición botánica debidos al mejoramiento de campo

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EFECTO DEL NITRÓGENO

2.1.1. N en el suelo (cantidad y formas)

En sistemas no alterados por el hombre la mayoría del nitrógeno inorgánico que toman las plantas es derivado de la materia orgánica del suelo la cual tiende a permanecer relativamente constante de acuerdo con el clima, tipo de suelo y tipo de cobertura vegetal (Perdomo y Barbazán, 1999). Morón (1996) habla de las relaciones entre formas orgánicas e inorgánicas, las cuales se dan a través de procesos biológicos que son realizados fundamentalmente por la biomasa microbiana.

Según Morón (1996), el horizonte superficial de los suelos del país contiene entre 0,1 a 0,3% de nitrógeno total (variando según la textura). La mayor parte del contenido de nitrógeno presente en suelo está en forma orgánica, siendo que el nitrógeno inorgánico representa solamente el 2% (nitrato, amonio y nitrito). Esta pequeña fracción inorgánica es la que está inmediatamente disponible para las plantas (Perdomo y Barbazán, 1999), tomándose principalmente como nitrato (Whitehead, 2000).

2.1.2. N en la planta (absorción y metabolismo)

Una vez en la planta la mayor parte del nitrógeno se encuentra en forma orgánica, mientras que las formas inorgánicas representadas principalmente como ion nitrato (forma más común en la que se absorbe el nitrógeno), son de escasa magnitud (Perdomo y Barbazán, 1999).

Estudios realizados por Hall et al. (1998), expresan que en la mayoría de las pasturas naturales predominan las especies C4 con bajos contenidos relativos de proteína, deficiencia que se acentúa al final de la estación de crecimiento por un incremento en la proporción de tallos. En este sentido Morón (1996) respecto a los procesos de intensificación de la producción secundaria en base a pasturas, hace énfasis a que ésta necesariamente implica un aumento significativo de la entrada de nitrógeno al sistema.

El incremento productivo de la pastura debido al suministro de nitrógeno mediante fertilización está fuertemente afectado por las condiciones

ambientales, y se debe a efectos directos sobre la fisiología y morfología de las plantas (Wilman y Wright 1983, Whitehead 1995).

La fertilización nitrogenada estimula el macollaje, proceso inhibido ante condiciones de nitrógeno limitante (Whitehead, 1994). El mismo autor sin embargo, afirma que el efecto principal del nitrógeno sobre la producción de la pastura se explica por el tamaño de la hoja, y dentro de ésta por el largo de la misma. En este sentido, con aplicaciones de 500 kg de N ha⁻¹, reporta incrementos del 86% en tamaño foliar.

2.1.3. Efecto del N sobre la producción de forraje

El incremento en producción y calidad de las pasturas naturales frente a incrementos del nivel trófico de N y P es un proceso relativamente lento, registrándose a partir del primer año de las aplicaciones diferencias que aumentan a medida que continúa el agregado de nutrientes (Berretta et al., 1998b).

La respuesta a la fertilización la condicionan la dosis y el momento de aplicación del fertilizante, estando determinada por la tasa potencial de crecimiento, la que depende del estado y composición botánica de la pastura (Ayala y Carámbula, 1994).

Ayala y Carámbula (1994) afirman que el nitrógeno es el nutriente de mayor importancia basándose en que las gramíneas son el componente principal de las pasturas naturales de la región. En este sentido son numerosos los trabajos que confirman al N como nutriente fundamental para incrementar la producción primaria.

Evaluando dos niveles de nitrógeno, 60 y 114 kg/ha de N, Larratea y Soutto (2013) no encontraron diferencias significativas en la producción de forraje invernal mientras que el nivel alto de nitrógeno produjo un 24,2% más forraje en primavera.

Estudiando la respuesta a la fertilización de un campo natural en Rio Grande do Sul, Correa et al. (2004) encontraron que la producción total de materia seca respondió al agregado de distintos niveles de N. El máximo se registró ante el agregado de 200 kg/ha de N y fue de 5421 kg/ha de MS, representando el 194% del testigo sin fertilizar.

Johnston et al. (1969) exponen resultados similares ya que registran aumentos relativos en el orden del 53% del campo natural fertilizado frente al campo natural no fertilizado.

En línea con lo anterior KouKoura et al. (2005) evaluando el efecto de la fertilización en la producción de forraje, exponen que la misma casi duplicó la producción de forraje, comparado con el tratamiento sin fertilizar en el primer año luego de la intervención. El experimento duró 3 años y se llegó a la conclusión que la fertilización aumenta la producción en un 20%.

Rodríguez Palma et al. (2004a) al estudiar la respuesta de forraje al nitrógeno sobre suelos de Basalto reportan producciones anuales relativas al testigo de 116% el primer año y de 106% el segundo. Berretta et al. (1998b) registraron incrementos productivos consecuentes a la fertilización de 27 y 54% para el primer y segundo año respectivamente. En un promedio de 6 años las pasturas fertilizadas con 100 kg/ha de N arrojan que la producción anual relativa representa el 130% de los tratamientos sin fertilizar (Rodríguez Palma et al., 2008a).

Estudios orientados a cuantificar el efecto de 120 Kg/ha de N sobre la producción del campo natural sobre areniscas de Tacuarembó, resultaron en superioridades del 72% para el primer año y 89% para el segundo año de fertilización (Bemhaja, 1994).

Ramage et al., Schmidt y Tenpas, Cowling, Reid, citados por Carámbula (2002) afirman que cada kg de N agregado produce un incremento en la producción de materia seca, aunque el mismo es porcentualmente menor a medida que se eleva la dosis, siendo que por encima de 500 kg/ha de N, dicho aumento se estabiliza.

2.1.4. Efecto del N sobre la variabilidad de la producción

Debe tenerse en cuenta que la respuesta a la fertilización nitrogenada depende en gran medida del efecto año. En este sentido Ayala y Carámbula (1994) afirman que dicha variabilidad en la respuesta se debe a fluctuaciones en la disponibilidad del nutriente y a la eficiencia de uso del mismo, apuntando a minimizarla mediante el fraccionamiento de las aplicaciones del fertilizante nitrogenado.

Lorenz y Rogler (1973) encontraron respuesta a la fertilización de N y P incluso en años secos (1959 y 1961) y aunque el incremento absoluto fue pequeño durante los mismos, insinúan que ese incremento de poca magnitud

en kg/ha de forraje puede ser más valioso para el ganado que muchos cientos de kg en años con las mejores condiciones climáticas.

Hay que tener presente que en algunas localidades no se observó respuesta a la fertilización nitrogenada. Mason y Miltimore (1959) explican este comportamiento basándose principalmente, en la textura de los suelos así como también a las pobres condiciones de la pastura.

Lo anterior es confirmado por Bottaro y Zavala (1973), los cuales muestran que la respuesta a la fertilización de los campos naturales (expresados como rendimiento máximo sobre rendimiento del testigo) alcanzan valores de 4,35; 4,22; 2,3 y 2,07 veces para la pradera parda sobre Fray Bentos, la pradera arenosa sobre Cretácico, el litosol sobre Basalto y la pradera negra sobre Basalto respectivamente.

2.1.5. Efecto del N sobre la estacionalidad de la producción

Ayala y Carámbula (1994) catalogan el momento de aplicación del fertilizante como condicionante de la respuesta a la pastura ya que éste puede afectar la producción a lo largo del año. También ponen de manifiesto que es más importante para el productor conocer el rendimiento estacional que el total anual de forraje, ya que el mismo se compromete en mayor medida con la producción actual, siendo ésta más importante para el mismo que la producción total anual de forraje, la cual pierde relevancia.

La estación invernal, es la que menor producción de forraje y respuesta a la fertilización tiene, explicado esto último por las bajas temperaturas registradas en la estación. En este sentido Castells (1974) indica que para que sea una práctica segura y rentable, la fertilización nitrogenada invernal debe realizarse en las mejores pasturas.

Bottaro y Zavala (1973), Díaz-Zorita (1997) catalogan al nitrógeno como una herramienta de manejo capaz de modificar la distribución anual de forraje, homogeneizándola y cubriendo parcialmente el déficit invernal.

El incremento de las especies invernales gracias a la fertilización nitrogenada, así como la introducción de leguminosas, fertilización fosfatada y manejo del pastoreo tendiente a favorecer la floración de dichas especies, son posibles vías para hacer más invernal el tapiz (Berretta y Levratto 1990a, Bemhaja et al. 1998b).

Según Berretta et al. (1998b), fertilizaciones nitrogenadas en el otoño temprano estimulan el rebrote y crecimiento inicial de las invernales, favoreciendo el macollaje de las mismas, además de que pospone el fin del periodo vegetativo de las estivales. Por otra parte, la fertilización de fines de invierno amén de seguir estimulando a las invernales, ayudaría al rebrote más temprano de las estivales. En consecuencia, el rebrote más temprano de ambos tipos de especies y el alargamiento del ciclo de las estivales resultan en una disminución del periodo de déficit invernal (Berretta et al., 1998b).

Boggiano et al. (2004b) estudiaron la respuesta del campo natural en invierno al fertilizante nitrogenado, fraccionando las aplicaciones del mismo desde finales de otoño a principios de primavera. Concluyen que la contribución de las gramíneas invernales aumenta en respuesta al nitrógeno.

Difiriendo con lo que expresan autores anteriores, que indican una distribución de forraje más homogénea a lo largo del año, Ayala y Carámbula (1994) concluyen de sus investigaciones que el uso de N magnifica la ya conocida estacionalidad del campo natural. Argumentan que nuestras pasturas naturales se constituyen principalmente por especies estivales, por lo tanto es dable esperar mayores respuestas en los meses de primavera, verano y otoño. Respecto al invierno indican que si bien se registran efectos favorables del N, estos son pequeños en términos absolutos.

Burgos de Anda (1974), concuerda con lo expresado anteriormente ya que en los tratamientos sin fertilizar observó una marcada diferencia de producción entre estaciones, siendo ésta mayor en verano y menor en invierno. Cuando fertilizó observó la misma tendencia pero con mayores diferencias entre estaciones. El autor aclara que tanto la estacionalidad como la producción anual, serán diferentes según el tipo de suelo y especies que compongan el tapiz.

Estudiando una pastura natural dominada por *Paspalum notatum*, Boggiano et al. (2002) concluyen que las diferentes dosis de nitrógeno aplicado aumentan las producciones de materia seca total y materia seca verde en verano, cuando las condiciones ambientales promueven mejores condiciones de crecimiento. En el otoño la respuesta residual fue tenue, pues las menores temperaturas tienen mayor peso en las tasas de crecimiento que el aumento en la disponibilidad de nitrógeno. Las tasas de acumulación de materia seca verde en otoño fueron más influenciadas por las ofertas de forraje que por el efecto residual del N aplicado en verano.

Álvarez et al. (2013) observaron que la estacionalidad de la producción de un campo natural disminuye o aumenta en función del nitrogenado agregado

según la oferta forrajera que se maneje. En este sentido, a altas OF la estacionalidad es poco sensible al agregado de N presentando una leve tendencia a aumentar debido a que se difiere mucho forraje en pie al otoño y éste interfiere con el rebrote de las especies invernales, siendo que en cambio a OF medias y bajas, la estacionalidad disminuye a medida que aumenta el nivel de N.

2.1.6. Efecto del N sobre la composición botánica

La composición botánica es el ordenamiento de las especies en un área determinada, siendo considerada la mejor propiedad para identificar sitios ecológicos. Es una medida dinámica utilizada para detectar cambios impuestos por diferentes medidas de manejo que introducen cambios en el ecosistema pastoril, ya que el interrelacionamiento de las especies depende del ambiente (Berretta y do Nascimento, 1991).

Sobre un brunosol subéutrico típico de la Unidad Alférez, Ayala y Carámbula (1994) encontraron un aumento importante de especies anuales invernales, en especial *Gaudinia fragilis* y *Vulpia australis*, como resultado del agregado de N, lo que se puso de manifiesto por una intensa floración de dichas especies (40 espigas/m² vs. 200 espigas/m²). La presencia de un banco latente de semillas muy importante en el suelo y el levantamiento de las restricciones de fertilidad serían las determinantes de dicho comportamiento.

Larratea y Soutto (2013) reportan que si bien la composición florística del campo del litoral sobre el que trabajaron estuvo más asociada a las estaciones que a las dosis de N probadas es posible delinear ciertas generalidades. Las parcelas con niveles de N bajo (60 kg/ha de N) presentaron una mayor asociación con gramíneas perennes estivales y hierbas perennes estivales, con una moderada promoción de las especies invernales. Con fertilizaciones otoño–invernales y altas dosis (114 kg/ha de N) encontraron una mayor participación de gramíneas perennes invernales, en tanto que observan que al manejar ofertas de forraje demasiado bajas que ocasionen un aumento considerable de suelo desnudo (llegaron a manejar 2% de oferta de forraje) es esperable que se dé un aumento de hierbas invernales, tanto anuales como perennes.

Drawe y Box (1969) trabajando con 4 niveles de nitrógeno en un campo natural de Texas (112, 336, 672 y 1008 kg/ha de N) encontraron una disminución constante en la cantidad y contribución de especies gramíneas a altos niveles de N (672 y 1008 kg/ha de N), en tanto que las hierbas incrementaron su participación al incrementarse los niveles de fertilización

nitrogenada. Para el tratamiento testigo y para aquellos tratamientos recibiendo 112 y 336 kg/ha de N se encontró que la fracción herbácea compuesta principalmente por *Heterotheca latifolia* (falso alcanfor), *Ximenesia enceloides* y especies del género *Croton* explicaba aproximadamente un tercio de la producción total, un 45% para 672 kg/ha de N, 56% para 1008 kg/ha de N y un 77% para el tratamiento recibiendo 1008 kg/ha de N y 20 kg/ha de P.

Estudios dirigidos por Cospér et al. (1967) evidenciaron un incremento significativo por parte de gramíneas de porte intermedio, en detrimento de pastos cortos y otras especies, que disminuían. Sin embargo cuando la presencia de pastos cortos representaba al inicio del estudio el 80% del total de la vegetación, la fertilización no tuvo efecto significativo en el cambio de la composición botánica.

Berretta et al. (1998b) registraron incrementos por parte de hierbas enanas, principalmente macachines. *Baccharis coridifolia*, *Baccharis trimera* y *Heimia* sp, malezas de campo sucio, no aumentaron con la fertilización (originalmente tenían escasa participación). Por su parte, Klingman (1956) reporta que el fertilizante controla malezas anuales, mediante el incremento de la competencia por parte de las forrajeras objetivo.

2.1.7. Efecto del N sobre la calidad del forraje

Para nuestro país si bien las fertilizaciones primaverales determinan un incremento en la producción de forraje, este aumento generalmente no está acompañado de una mayor calidad del forraje producido. Esto está en parte explicado por la promoción que la fertilización ejerce sobre las especies estivales, componente dominante en nuestros campos (Bemhaja y Olmos, citados por Zanoniani, 2009).

La aplicación de N, P o K no afecta en general la digestibilidad del campo natural, aunque existe una tendencia en favor de los tratamientos que incluyen N (Ayala y Carámbula, 1994). El agregado de N permite alcanzar mayores porcentajes de proteína cruda (PC) en la pastura, comportamiento que se detecta mayormente en invierno y luego en otoño, en que la presencia de N favorece el logro de valores superiores (8,7% PC promedio anual en campo nativo sin fertilizar vs. 10,3% PC en tratamientos fertilizados con 320 kg N/ha/año). Dichos autores no encontraron diferencias en el contenido de fibra de detergente ácida.

Bemhaja (1994) sobre un vertisol de Basalto profundo reporta, para un periodo no menor de 5 años, valores de PC de 9,3%; 10,5%; 13,2% y 13,4%

para tratamientos de CN, CN+40, CN+80 y CN+120 unidades de N/ha, fraccionado en aplicaciones tempranas en el otoño y a mediados de primavera.

Por su parte Drawe y Box (1969) en mediciones llevadas a cabo en Texas y realizadas un año y tres meses luego de realizada la fertilización primaveral con N, encontraron que todos los tratamientos fertilizados difirieron estadísticamente en el contenido de PC respecto del testigo sin fertilizar. El campo natural arrojó niveles de 8,1% PC, determinando valores de 9,4; 13,8; 18,1 y 20,0% PC para parcelas recibiendo 112; 336; 672 kg/ha de N y 1008 kg N/ha + 20 kg/ha de P, siendo dichos valores estadísticamente diferentes para cada uno de los niveles probados.

Los mismos autores determinaron diferencias significativas en el contenido de N del forraje a 2 meses de la fertilización, presentando el campo natural 1,3% de N, aumentando para los sucesivos tratamientos hasta llegar a 3,2% para 1008 kg/ha de N + 20 kg/ha de P. Por su parte no se encontraron diferencias en el contenido de fósforo entre aquellos tratamientos recibiendo únicamente agregado de N y el tratamiento testigo (0,14% promedio), en tanto que el tratamiento que recibía 1008 kg/ha de N y 20 kg/ha de P sí reportó diferencias (0,41%). Los contenidos de potasio y calcio no mostraron diferencias para ninguno de los tratamientos evaluados, con 2,1% y 0,10% promedio respectivamente, el manganeso presentó los mínimos valores en campo natural sin fertilizar (11,7 ppm) en tanto que fue el único que presentó diferencias en el contenido de hierro (98,3 ppm vs. 67,9 ppm para el promedio de los tratamientos fertilizados).

2.1.8. Otras respuestas al N

En cuanto a efectos en el suelo la fertilización nitrogenada altera características químicas, principalmente el pH, CIC y saturación en bases, así como también los niveles de P, Ca, Mg y MO (Gomes et al., 1996).

El mayor desarrollo de las partes aéreas provocan incrementos del volumen de suelo explorado traduciéndose en una mayor posibilidad de absorción de agua y nutrientes. Esto determina que el nitrógeno provoque incrementos en la eficiencia de uso del agua ya que aumenta la transpiración y disminuye la evaporación (García y Mazzanti, citados por Iurato y Rodríguez, 2002).

2.1.9. Eficiencia de utilización del nitrógeno

Trabajos de Martha Junior et al. (2004) reportan para gramíneas tropicales eficiencias de uso del nitrógeno (EUN) medias de 26 kg de MS/kg N aplicado, con máximos de 83 kg de MS/kg de N cuando la dosis rondó los 150 kg/ha/año de N. En sus estudios, Silva et al. (1994) reporta que la EUN estuvo en torno a 67 kg de MS/kg de N con dosis de 200 kg/ha de N a inicios de primavera.

Ayala y Carámbula (1994) indican una EUN anual promedio con una regresión lineal altamente significativa, siendo que también es significativo el componente cuadrático, que predice rendimientos decrecientes al aumentar el agregado de N. Bottaro y Zavala (1973) coinciden con esto, concluyendo que la EUN disminuye con el incremento de la dosis, siendo los valores de incrementos decrecientes máximos de 0,46 kg/ha de MS por unidad de N entre 10 y 90 kg de N.

Según Ayala y Carámbula (1994), la EUN primavero-estival rondó los 14 kg MS/kg de N mientras que la de invierno estuvo en torno a 1,5 kg de MS/kg de N. Para solucionar la escasez forrajera invernal proponen la fertilización en el otoño, con el objetivo de acumular forraje y diferirlo en pie; no recomiendan fertilizar directamente en invierno debido principalmente al ciclo productivo estival predominante, así como también a las bajas temperaturas. Sin embargo, Zanoniani et al. (2011) reportan para la estación de invierno una EUN de 16 kg de MS/kg de N aplicado.

2.1.10. Efecto del nitrógeno sobre la producción animal

La fertilización nitrogenada incrementa la capacidad carga de la pastura y la producción animal por unidad de área, aunque no necesariamente la performance individual (Dougherty y Rhykerd, 1985).

Agregando 120 kg/ha de N Boggiano et al. (2000) manejaron una carga animal de 1454 kg/ha/día de PV con una OF de 4,2%, verificándose un incremento de 2,5 kg/ha/día de PV ganados por kg de N adicionado. A medida que la OF es menor la respuesta de la carga a N se hace más sensible. Citando a Lucas y Mott, quienes expresan que, manteniendo la OF constante la carga aumenta al incrementar la producción de forraje, los autores verificaron en este estudio que la mayor carga dada por más kg/ha de MS a OF constante se logró gracias al agregado de N. Concluye el trabajo afirmando que la carga animal y la tasa de crecimiento de la pastura se interrelacionan.

Estudiando el efecto que tiene la fertilización nitrogenada en pasturas nativas sobre la productividad animal, Rodríguez Palma et al. (2004b) observaron que la fertilización habilitó cargas superiores al testigo en los dos años del experimento, sin afectar la performance individual, logrando así producir entre 60% y 90% más kg/ha/año de PV. En sintonía con lo anterior en los cinco años de estudio, fertilizaciones de 100 kg/ha de N permitieron incrementos de carga promedios de 66%, sin efecto sobre la ganancia media diaria individual en cuatro de los cinco años (Rodríguez Palma et al., 2008b). Concluyen el trabajo expresando que la fertilización otoño-invernal por medio de un incremento en la producción de MS anual acumulada permite aumentar la receptividad del campo y consecuentemente la producción secundaria.

Evaluaciones otoño-invernales del campo natural, arrojan que el promedio de las cargas utilizadas fueron de 1,4 y 2,6 animales por hectárea para N0 y N50 respectivamente, resultando en un 89,9% de superioridad del tratamiento fertilizado, por lo que la conclusión es que la fertilización nitrogenada permite incrementar la producción primaria, permitiendo de esta forma el aumento de la carga animal (Peirano y Rodríguez, 2004).

Larratea y Soutto (2013) estudiando el efecto de dos dosis de N (60 y 114 kg/ha/año) sobre la ganancia individual en el periodo invierno-primaveral, encontraron que los tratamientos presentaron pérdidas de peso invernales asociadas a OF en el orden de 5,95 % sin ser estadísticamente diferentes entre ellos. En primavera las ganancias individuales superan los 0,5 kg/animal/día cuando la OF ronda el 8% y asciende a 0,9 kg/animal/día si se manejan OF del 10%, no registrándose diferencias estadísticas entre tratamientos.

Berg y Sims (1995), cuantificando la respuesta de una pastura nativa a la fertilización nitrogenada y su efecto en la producción secundaria, midieron respuestas cuadráticas para ganancia de PV/ha, con una EUN media de 3,3 kg de carne/kg de N agregado.

Ensayos similares por parte de Gillen y Berg (1998), cuantificaron que la EUN fue de 45 kg de MS por kg de N aplicado y 2,7 kg de PV por kg de N aplicado.

Con terneras pastoreando a carga continua y fijando la OF en 9%, Gomes (2000) evaluó el efecto de tres niveles de N (0, 100 y 200 kg/ha/año) sin encontrar diferencias significativas en la producción de forraje, detectando en cambio aumentos en la producción de carne por hectárea, cuando las ganancias medias se mantuvieron. La carga promedio de primavera-verano-

otoño fue de 572, 752 y 854 kg/ha de PV para los niveles de 0, 100 y 200 kg/ha de N respectivamente.

2.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE

2.2.1. Efecto de la OF sobre la producción de forraje

Se logran ecosistemas pratenses de alta estabilidad y resiliencia cuando se ajusta la dotación al potencial de las pasturas y se incluyen periodos de descanso entre pastoreos. Así, se mantienen los campos en buena condición a pesar de los cambios en la oferta de forraje debidas a variaciones estacionales (Berretta, 1996).

Determinar la dotación adecuada a cada tipo de campo para alcanzar un objetivo de comportamiento animal sin deteriorar al ecosistema pratense es la decisión de manejo más importante (Holechek et al., Heady y Child, citados por Berretta, 1996).

Cada vegetación tiene una producción potencial que va a determinar la capacidad de carga de ellas. Mott (1960) define a la capacidad de carga como la máxima dotación para alcanzar un objetivo de desempeño animal, con un método de pastoreo específico, que puede ser aplicada en un periodo definido sin deteriorar el ecosistema.

El pastoreo puede estimular o reducir la producción de forraje, resultando necesario identificar combinaciones en intensidad y frecuencia de defoliación para los cuales exista una adecuada productividad sin deteriorar las pasturas (Nabinger et al., 2007). Briske y Heischmidt, citados por Gomes (2000) definen a la oferta de forraje (OF) como la base para el manejo sustentable de la pastura.

La OF es la relación entre la cantidad de MS de forraje expresado en función del animal por unidad de área en un momento determinado del tiempo, se trata de una relación forraje/animal inversa a la presión de pastoreo (Allen et al., 2011). Las recomendaciones que integran OF tienden a ser miradas desde el punto de vista animal. Generalmente están relacionadas con llegar a resultados de desempeño animal específicos y están basados en estudios de corto plazo. En orden de usar esta herramienta eficientemente en sistemas

ganaderos, la OF necesita contemplar conocimientos del impacto en la condiciones de la pastura y su producción en el corto y mediano plazo, y tener en cuenta el desempeño de todo el sistema. El concepto de OF es muy útil cuando se manejan cortos periodos de pastoreo, entre 1 y 3 días, ya que provee la ración diaria de forraje y el crecimiento durante el pastoreo puede ser ignorado. Es más difícil usarlo cuando los periodos de pastoreo son largos y cuando el crecimiento durante el pastoreo es muy significativo en la producción (Hodgson, 1984).

Heitschmidt y Walker (1997) afirman que el problema de la OF en el largo plazo es que la presión de pastoreo cambia en el tiempo principalmente por variaciones en el forraje disponible debidas a diferencias en la magnitud de producción y diferencias estacionales a lo largo del tiempo. Proponen como solución para controlar la presión de pastoreo en el tiempo el ajuste estacional en la demanda de forraje; pudiendo variar desde cero (cierre de potreros); a niveles moderados de pastoreo continuo hasta niveles muy altos de pastoreo intermitente.

Maraschin et al. (1997), encontraron en campos nativos estivales una respuesta cuadrática con la OF. En la menor oferta, 4%, la productividad fue mínima, 2075 kg/ha de MS. Ésta se incrementó a 3488 y 3723 kg/ha de MS cuando las OF fueron de 8 y 12% respectivamente, y disminuyó a 3393 kg/ha de MS en 16%. Esta respuesta se relacionó directamente con la eficiencia de conversión de la energía en cada OF que determinó una reducción en radiación interceptada por baja cobertura vegetal a niveles bajos de OF o prolongación del tiempo de sombreado a niveles de OF altos.

Nabinger (1998) expresa que altas OF conducen a una reducción en la producción de forraje debido a que el tejido remanente luego del pastoreo presentó una menor eficiencia fotosintética por presentar mayor proporción de tejido viejo. Adicionalmente explica que el tejido joven al formarse en condiciones de baja luminosidad presenta baja eficiencia fotosintética aún en óptimas condiciones de luz. El autor cita a Parsons para fortalecer la afirmación anterior, exponiendo que con altas OF la tasa de senescencia aumenta hasta un punto en el que puede igualarse a la tasa de crecimiento (TC), haciendo que la producción neta sea nula o disminuya. Chapman y Lemaire (1993) coinciden con lo anterior expresando que la tasa de acumulación de forraje comienza a declinar a partir de que se llega al índice de área foliar (IAF) óptimo ya que las hojas viejas senescen a una tasa aproximadamente igual a la tasa de aparición de hojas.

Con respecto a bajas OF, Brougham, citado por Nabinger (1998) reporta que el tiempo necesario para que la pastura llegue a un IAF capaz de

interceptar la mayor parte de la radiación incidente aumenta consecuentemente con OF mayores, y por lo tanto, la producción de forraje con periodos de descanso fijos es menor a bajas OF que a altas.

Boggiano et al. (2011) trabajando con distintas OF encontraron que a mayor OF se absorbe la máxima radiación fotosintéticamente activa (PAR) en menor tiempo, sugiriendo ajustes en el periodo de descanso dependiendo de la OF (Chapman y Lemaire, 1993).

Reffati et al. (2008) afirman que la manipulación de la OF a lo largo del año potencializa la producción de forraje del campo natural. Detectaron las mayores TC, de 15 kg/ha/día de MS, cuando la OF fue de 12% durante todo el año y se disminuyó a 8% en la primavera, obteniendo la mayor producción anual de forraje (4402 kg/ha de MS). El tratamiento que presentó menores TC (2 kg/ha/día de MS) fue con una OF de 4% fija durante todo el año. Soares et al. (2005) explican que alteraciones de OF a lo largo del año producen cambios en la vegetación que tienen como consecuencia desempeños animales diferentes comparado con los de animales manejados a OF fijas. Este impacto de una menor OF en primavera (8%) en dirección a una mayor OF en el resto del año (12%) además de ser la de mayor producción anual, resulta muy importante en el periodo de mayor restricción de forraje donde se consiguen ganancias positivas del ganado. Aguinaga et al. (2004) confirman esto, logrando las mayores producciones líquidas de forraje anuales (6032 kg/ha de MS) en el tratamiento donde se mantuvo un nivel de OF de 8% en la primavera y 12% en el resto del año. Agregan que este tratamiento propició una producción de forraje superior en el periodo otoño-invierno. La hipótesis de los autores para explicar esta mayor producción anual se basa en que una intensidad de pastoreo más alta en la primavera podría crear una condición de estructura de la pastura en verano con aumento gradual de MS en el periodo, y consecuentemente de IAF. Este IAF sería compuesto esencialmente por hojas nuevas con mayor eficiencia fotosintética.

2.2.2. Efecto de la OF sobre la estacionalidad de la producción

Soares et al. (2005) observaron el efecto de la OF en las distintas estaciones del año. En la primavera se constató que la tasa de acumulación de forraje tuvo diferencias entre tratamientos, siendo el tratamiento de 16% de OF el que presentó menor tasa de acumulación de MS, no existiendo diferencias entre los tratamientos de 8 y 12%. El valor medio de TC fue de 10,3 kg/ha/día de MS. Setelich (1994), por su parte, también encontró efecto significativo de la OF en la TC de MS, y el valor medio encontrado fue de 13 kg/ha/día de MS. En verano la TC promedio no tuvo diferencias con la primavera. La mayor TC

estival se verificó en las OF más bajas, mientras que en invierno fue inverso. La mayor producción en invierno en OF altas puede estar explicado por la mayor participación de las especies invernales junto con las matas, según lo observado por Setelich (1994), y la posible protección que el estrato superior podría estar causando sobre las gramíneas estoloníferas de verano. En otoño la TC tuvo un comportamiento intermedio. La TC parece más sensible a las condiciones climáticas a bajas OF, acumulando más MS en primavera y en verano y menos en otoño e invierno, cuando se compara con OF mayores.

Boggiano et al. (2004b) indican que OF menores durante el verano reducen la competencia de las especies estivales que están en periodo de crecimiento, mientras que *Bromus auleticus*, una gramínea perenne invernal, es menos perjudicada por presentar semi-latencia estival. Así en otoño, las parcelas manejadas a menor OF presentan un tapiz estival menos competitivo para el crecimiento inicial de las invernales (Rosengurt, 1979). A su vez, con altas OF se promueven las especies cespitosas de porte alto como *B. auleticus* que mantienen sombreadas a las estivales desde la primavera anterior, reduciendo su cobertura, que se mantiene baja durante el verano por efecto del sombreado de los restos secos que se acumulan y son poco removidos por el ganado. Esta situación perjudica a *Paspalum notatum*, que no es buena competidora en condiciones de sombreado y permite que el *B. auleticus* llegue con un mayor número de plantas a la estación otoñal.

Sevrini y Zanoniani (2011), trabajando con *Bromus auleticus* Trinus observaron que en otoño a altas OF se da una disminución en la tasa de elongación debido a la acumulación de restos secos. Este mismo efecto se observa al manejar altas intensidades de pastoreo; bajas OF. La tasa de expansión aumenta a medida que disminuye la oferta y se mantienen altos niveles de nitrógeno. Adicionalmente, a altas dosis de nitrógeno y altas OF se da una menor elongación foliar, proceso que estaría afectado por el sombreado y la competencia que se da entre las hojas de mayor porte y las hojas en crecimiento. A medida que disminuye la oferta (menores IAF), disminuye la competencia, principalmente por luz, lo que promueve una rápida elongación de las hojas en crecimiento.

2.2.3. Efecto de la OF sobre la composición botánica

Los animales tienden a frecuentar aquellas zonas donde los pastos poseen mayor calidad y pueden cubrir sus necesidades alimenticias (McNaughton, citado por Berretta, 1996). Esto determina que el pastoreo selectivo coloque en desventaja para competir a aquellas plantas más utilizadas (Briske, 1991).

Cambios indeseables en la vegetación son comúnmente atribuidos a pastoreos continuos los cuales pueden llevar a repetidas defoliaciones severas de las plantas más palatables (Vallentine, citado por Johnson y Hodgkinson, 1999). Pero aún en sistemas de pastoreo especializados donde se busca evitar el pastoreo selectivo puede que ocurran defoliaciones aún severas de especies preferidas por los animales (Comstock, citado por Johnson y Hodgkinson, 1999). Se piensa entonces que pueden existir otros factores que de hecho tengan mayor influencia sobre la permanencia de especies palatables en la pastura. En un estudio realizado en Australia, Johnson y Hodgkinson (1999) encontraron que con cargas ovinas de 0, 0,3 y 0,8 ovejas/ha la mortalidad de plantas no fue significativa en situaciones de adecuada humedad, pero en años donde se dieron condiciones de sequía, la mortalidad de plantas fue bastante elevada, acentuándose dicho efecto en las parcelas con mayor carga animal.

Según Norris, citado por Dube (1999), defoliaciones selectivas asociadas a condiciones de baja humedad limitan la producción de macollos e incrementan la mortalidad de estos. El estrés hídrico reduce la longevidad de los macollos y las plantas responden al sombreado y al estrés hídrico perdiendo parte de estos y manteniendo otros para su sobrevivencia (Danckwerts y Stuart-Hill, citados por Dube, 1999).

El efecto del pastoreo sobre la longevidad de las especies y la composición botánica de la pastura es también mencionado por varios autores. Boldrini (1993), en la evaluación de la vegetación de campo natural sobre cuatro tratamientos de oferta de forraje (4; 8; 12 y 16 kg MS/100 kg PV) durante cinco años en la Depresión Central, RS, verificó que *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* presentaron las menores tasas de cobertura en pastoreos menos intensos (16% PV), lo que sugiere la ventaja competitiva de las especies de porte alto. Especies como *Andropogon lateralis*, *Aristida filifolia*, *Paspalum plicatulum* y *Desmodium incanum* fueron beneficiadas por OF intermedias a altas. La estructura espacial del área sufrió profundas modificaciones a lo largo del periodo. La carga alta (4% PV) llevó a la formación de un tapiz bajo con predominancia de *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*, especies cuya presencia de estolones ejemplifica estrategias de escape a la intensidad de pastoreo. Con OF del 8% PV ocurrió la formación de dos estratos, siendo el inferior bastante denso y el superior ralo, con especies subarborescentes, subarborescentes y gramíneas erectas como *Baccharis trimera*, *Vernonia nudiflora*, *Eryngium horridum*, *Aristida laevis* y *Andropogon lateralis*. En los tratamientos de 12 y 16% PV el estrato alto se tornó más definido y frecuente, presentando un aspecto de mosaico, con lugares pastoreados y otros rechazados. En las áreas rechazadas se encontraron las especies citadas

anteriormente, así como *Aristida jubata* y *Erianthus angustifolius* (Carvalho et al., 2008).

Por otro lado, muchas veces el cambio en la heterogeneidad florística puede determinar alteraciones en el comportamiento ingestivo animal provocando el consumo de especies antiguamente rechazadas y aumentar la productividad animal (Aguinaga 2004, Soares et al. 2005). Este aspecto fue altamente correlacionado con una baja oferta de forraje que determinó un mayor consumo de las maciegas y tallos florales de *Andropogon lateralis* en el inicio de su alargamiento, determinando una mayor proporción de macollas vegetativas por rotura de la dominancia apical y, por lo tanto, mayor calidad de la pastura.

2.2.4. Efecto de la OF sobre la producción animal

La producción por animal disminuye a medida que aumenta la intensidad de pastoreo mientras que el mantenimiento de las expectativas de producción por unidad de superficie aumenta. En un principio la producción animal por unidad de área aumenta con la intensidad de pastoreo, ya que depende tanto el rendimiento del animal individual como el número total de animales. Después del máximo, la producción por unidad de superficie disminuye rápidamente con el aumento de la intensidad de pastoreo porque el aumento del número de animales ya no es capaz de compensar la producción limitada por animal individual (Mott, 1960). Por lo tanto la intensidad de pastoreo que maximiza la producción sostenible de animales por unidad de área es la que optimiza los procesos de captación de energía solar, la eficiencia de la cosecha, y la eficiencia de conversión dentro de un sistema (Briske, 1991).

Según Maraschin (1998), con el aumento gradual de la OF aumenta la cobertura del campo, hay una mayor presencia de hojas, mayor crecimiento de la pastura y mayor oportunidad para la producción animal. Con OF de 12 y 16% PV se explora mejor el momento más productivo de los grupos de especie de la pastura natural y se permite la semillazón de especies productivas. En estas condiciones se pueden llegar a ganancias de 0,5 kg/animal/día teniendo en cuenta que el animal puede seleccionar su dieta, expresando la calidad del forraje.

En nuestro sistema pastoril surge la necesidad de no sólo maximizar la ganancia media diaria por animal (GMD) sino también la ganancia por hectárea (G/ha). Teniendo en cuenta esto, se define un rango óptimo de OF donde se maximizan ambas variables, promoviendo la productividad y sustentabilidad de la pastura natural (Maraschin et al., 1997) .La respuesta animal al forraje

ofrecido es curvilínea, en el que para conciliar la GMD con la G/ha, el rango óptimo de utilización de la pastura se encuentra con OF entre 11,5 y 13,5% PV (Maraschin, 1998).

Nabinger (1998) analizó el efecto de distintas OF (4, 8,12 y 16%) sobre la producción primaria y secundaria del campo natural. Con reducciones en la presión de pastoreo (mayores OF) se dio un correspondiente aumento en la producción primaria del campo natural, cuyos valores fueron 2015, 3488, 3723 y 3393 kg/ha de MS para 4, 8, 12 y 16% de OF respectivamente. Tales OF aseguraron ganancias/ha de PV de 78, 132, 145 y 116,5 kg lo que demuestra una misma tendencia para la producción secundaria.

2.3. EFECTO DEL MEJORAMIENTO EXTENSIVO

2.3.1. Introducción de leguminosas en campo natural

Como cualquier tecnología que apunta a la mejora de un campo natural, la siembra de leguminosas en cobertura y la fertilización fosfatada, tiene por objetivo incrementar la producción total de materia seca, mejorar la producción y distribución estacional, y mejorar la calidad del forraje ofrecido (Pallarés y Pizzio, 1998). Con los mejoramientos extensivos se buscan aumentos de la producción a través de la dinamización de la pastura natural, cuando ésta presenta condiciones favorables. Esto implica una meta más conservadora que las pasturas cultivadas, pero con una mayor estabilidad en el tiempo al introducir menos modificaciones en el ecosistema pastoril (Milot et al., 1987).

Las pasturas naturales de nuestro país presentan una baja proporción de especies leguminosas, siendo éstas la llave principal para introducir económicamente el nitrógeno en el ecosistema, alcanzando así una producción importante de forraje de buena calidad (Carámbula, 1992). Esta ausencia parcial de leguminosas que afecta en forma notable los rendimientos de las pasturas en cantidad y calidad, está dada fundamentalmente por el bajo contenido de fósforo de los suelos, los cuales ofrecen un máximo aproximado de 9 ppm (Carámbula, 1996).

El mejoramiento del campo natural mediante la sola fertilización fosfatada no es una solución a las carencias que caracterizan a las pasturas nativas. Si bien se logran incrementos de producción del entorno del 10 al 30% dependiendo del tipo de suelo, en términos absolutos el aumento de la cantidad de forraje no es importante, persistiendo el déficit invernal, la variabilidad en

producción entre años y sin mejoras significativas esperables de la calidad de la pastura (Mas, 1992).

Con estos antecedentes, la introducción de leguminosas en el tapiz es un paso complementario a la fertilización con fósforo, incluyendo en el tapiz especies capaces de responder al agregado de dicho nutriente, ya que la ausencia de leguminosas en las comunidades vegetales nativas es una de las explicaciones a la escasa respuesta obtenida en términos de producción (Mas, 1992).

El mejoramiento de campo por fertilización fosfatada e interseembra de leguminosas adaptadas, sin destrucción completa o sustitución del tapiz vegetal, resulta una tecnología muy interesante (sencilla y económica) para mejorar, en forma sostenible, la producción forrajera de campos naturales en diversas regiones ganaderas del país (Risso, 1998). El rendimiento de estas pasturas mejoradas es, según tipos de suelos y vegetaciones, superior a la de las pasturas sin introducción de leguminosas entre 50 y 100%, siendo el rendimiento invernal hasta tres y cuatro veces superior. Este tipo de mejora de las pasturas naturales permite la introducción de nitrógeno al ecosistema con un costo reducido (Berretta y Levratto 1990a, Berretta 1998a).

2.3.2. Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje

La producción de forraje de los mejoramientos extensivos depende en primer término del potencial genético de las especies utilizadas, así como de las condiciones climáticas y edáficas imperantes, pasando luego a estar determinado por el manejo impuesto a la pastura (Carámbula et al., 1998).

Luego de un periodo de consolidación del mejoramiento durante el cual se ha producido una mejora del ambiente del suelo (incorporación de fósforo y nitrógeno), conjuntamente con la práctica de un manejo controlado del pastoreo, se establecen condiciones en las que se pueden manifestar gramíneas productivas. Bajo estas condiciones, en algunos campos las especies invernales nativas como *Poa lanigera*, *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides* y *Adesmia bicolor* incrementan su frecuencia, haciendo que la vegetación del mejoramiento sea más invernal que la del campo que le dio origen (Berretta y Levratto 1990a, Bemhaja y Berretta, citados por Risso 1998).

Bemhaja (1998a) trabajando sobre Basalto medio y profundo registró para el promedio de tres años un aumento relativo del 113% en la tasa de crecimiento diario (kg/ha/día de MS) de un campo natural mejorado con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* frente al promedio de las comunidades de

suelo profundo, para el conjunto de las cuatro estaciones. Se destaca el importante aumento relativo de 147% reportado para el promedio de la estación invernal.

Por su parte, Risso et al. (2002), trabajando sobre suelos de Unidad La Carolina obtuvieron para el promedio de 5 años respuestas del 247% y 232% en producción anual (kg/ha de MS), pasando de los 3100 kg/ha/año de MS promedios de la región a 7660 y 7180 kg/ha/año de MS para mejoramientos con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, y *Lotus subbiflorus* respectivamente. El mayor impacto productivo se registra nuevamente en la producción invernal, pasando de 340 kg/ha de MS promedio de la región, a 980 kg/ha de MS para el promedio de los mejoramientos, lo que representa un aumento del 285%.

Para los campos naturales de suelos pesados del Litoral, la producción anual de las laderas varía entre 4000 y 6000 kg/ha/año de MS, mientras que en los bajos mejorados con leguminosas, las producciones superan los 10000 kg/ha/año de MS (Millot, Zanoniani, citados por Boggiano, 2003).

2.3.3. Efecto del mejoramiento sobre la variabilidad y estacionalidad

Los mejoramientos son una alternativa viable para aumentar el volumen y la calidad de forraje del periodo frío, ya que se obtiene una vegetación con predominio de especies invernales, aunque no traslada la producción de forraje de otras estaciones (Berretta y Levratto, 1990a).

Risso y Morón (1990) trabajando sobre suelos de Cristalino Central encontraron que la oferta estacional para el promedio de 7 años de mejoramientos con lotus y trébol blanco no presentó diferencias sustanciales respecto de la oferta del campo natural, sin embargo se encontró un pequeño incremento en la proporción de entrega invernal en los mejoramientos (12-14% promedio de los dos mejoramientos vs. 10-11% de campo natural), incremento que resulta muy importante ya que es respecto de un volumen de forraje sensiblemente mayor que el campo nativo (3,5 tt/ha/año de MS contra 6,0 tt/ha/año de MS). En consecuencia, la producción invernal sería de 350 kg/ha de MS para campo sin mejorar mientras que la debida a los mejoramientos es de unos 900 kg/ha de MS, con una mayor calidad.

Los mismos autores reportan la producción anual promedio de 7 años y una estimación de la variabilidad anual para los dos mejoramientos y campo testigo sin introducción de leguminosas. La producción de campo natural rondó los 3500 kg/ha/año de MS con un 27,6% de variación, en tanto que los mejoramientos con trébol blanco Zapicán y lotus San Gabriel presentaron

producciones promedio de 5800 kg/ha/año de MS y 6300 kg/ha/año de MS respectivamente, con un coeficiente de variación de 23,5% y 19,6%. Ambos mejoramientos presentaron una mayor producción con una menor variabilidad en la producción en el largo plazo respecto a la del campo natural.

2.3.4. Efecto del mejoramiento sobre la composición botánica

La gran mayoría de las gramíneas nativas son de crecimiento primavero –estivo-otoñal (C4) presentando aproximadamente el doble de eficiencia que las otoño–inverno-primaverales (C3) para convertir el nitrógeno y el agua en materia seca. Este comportamiento confiere a las C4 ventajas competitivas muy importantes sobre las C3, sobre todo en áreas de baja fertilidad y exposición a sequías (Carámbula, 1992).

La introducción de especies de leguminosas, la fertilización con fósforo y el manejo del pastoreo dirigido a favorecer a las especies sembradas, promueven un cambio cualitativo de la vegetación, mejorando el balance existente entre especies invernales y estivales, balance que en campos sin inclusión de fertilizantes y semillas está en claro favor de las estivales (Bemhaja y Berretta, 1991).

A medida que las condiciones de crecimiento son alteradas por aumento de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, aparecen cambios botánicos graduales hacia incrementos en la participación de especies C3 en respuesta al aumento de fertilidad. Ese aumento en la fertilidad responde a la transferencia del nitrógeno de las leguminosas a las gramíneas asociadas, a través de la materia orgánica del suelo, como consecuencia de exudados de raíces, muerte y descomposición de parte aérea, raíces y nódulos (Carámbula, 1992).

Trabajos de Berretta y Levratto (1990a) sobre suelos de Basalto corroboran que uno de los cambios más importantes que se observan a nivel de la vegetación en pasturas mejoradas es el incremento de especies de ciclo invernal (C3).

Durante el primer invierno del ensayo, *Poa lanigera* y *Stipa setigera* contribuyeron al 41,5% del recubrimiento del suelo, siendo el total de las invernales de 63%. En el invierno siguiente, con el establecimiento del trébol blanco (*Trifolium repens*), la contribución específica de las invernales aumentó al 78,5%, alcanzando valores del entorno del 84% para los inviernos siguientes. El mayor recubrimiento de la vegetación en invierno estuvo relacionado con el aumento de pastos finos, siendo especies introducidas (*Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* en este caso) y otras nativas y espontáneas como *Lolium*

multiflorum, *Poa lanigera*, *Stipa setigera*, *Adesmia bicolor*, *Medicago polymorpha*, así como por el incremento de pastos ordinarios (*Vulpia australis* principalmente) y hierbas menores (*Chaptalia piloselloidea*).

Si bien durante los años de evaluación de dicho trabajo, las frecuencias de las invernales fueron mayores que la de estivales, diversos relevamientos realizados en vegetaciones similares de la Región Basáltica muestran que la frecuencia de las especies estivales es siempre mayor que la de las invernales (Formoso, Berretta, citados por Berretta y Levratto, 1990a). Esto está relacionado con otro de los factores que, en conjunto con el aumento del nivel trófico del suelo, explica el aumento de las especies invernales: el manejo del pastoreo. Al reducir la dotación a niveles bajos (0,1 a 0,2 UG/ha), o retirar los animales durante la primavera para que las especies introducidas florezcan y semillen, garantizando su regeneración en el otoño siguiente, no sólo se permite la resiembra de dichas especies, sino que también permite la resiembra de las especies nativas invernales (Berretta y Levratto 1990a, Berretta 1998a).

Risso et al. (2002), sobre campos de Cristalino Central obtuvieron que con los mejoramientos se producen cambios en la vegetación de la pastura natural, induciéndose variaciones en la frecuencia de las especies, incrementando las de mejor valor nutritivo. No obstante esto, la introducción de especies sin perturbación del tapiz vegetal preexistente no ocasionaría una reducción de la diversidad de especies.

Estos autores, en mediciones de invierno en campo natural sin mejorar, determinaron una contribución específica por presencia (CEP%) del 1% para los pastos finos, 26% para los tiernos, y 65% para los pastos ordinarios y las hierbas enanas. Luego de 5 años de instalados los mejoramientos llegaron a valores de 50% para especies finas y tierno-finas, 15% para las tiernas, y 25% para especies ordinarias y hierbas enanas.

Queda evidenciado el incremento en la contribución de buenas especies invernales, explicadas en parte por las leguminosas introducidas, así como por el aumento de pastos finos y tiernos nativos y naturalizados.

Estos cambios positivos en la vegetación estarían a su vez relacionados con una mejora en las condiciones físicas y químicas del suelo que favorecen el desarrollo de especies adaptadas a niveles tróficos más elevados y a la desaparición de especies que son buenas competidoras en ambientes de menores niveles.

2.3.5. Efecto del mejoramiento sobre la calidad del forraje

En producción animal no sólo interesa la cantidad de forraje que estará disponible para su consumo, sino que además es relevante conocer las posibles variaciones que dicho forraje puede presentar en términos de calidad.

En general, el valor nutritivo de las pasturas, medido en términos de contenido de proteína cruda (PC), digestibilidad de la materia orgánica (DMO) u otra forma indirecta de medir energía (NDT, FDA, EM, EN, etc.) y contenido de minerales, están relacionados con la época de crecimiento de las pasturas, dependiendo además en gran medida del tipo de suelo, composición botánica, manejo anterior y condiciones climáticas. La calidad de la dieta del animal dependerá además de la selectividad y comportamiento en pastoreo (Pigurina et al., 1998).

El campo natural presenta en líneas generales alto contenido de fibra de detergente ácido o FDA (representada por diferentes componentes de la pared celular). Como regla general a mayor contenido de FDA en la dieta, menor calidad de ésta. Esta menor calidad afectará el consumo del rumiante, así como también distintos parámetros ruminales (llenado de rumen, tasa de pasaje del alimento ingerido, entre otros). Al mismo tiempo, la capacidad del rumiante de digerir la fibra va a depender de la disponibilidad de la proteína (más específicamente nitrógeno) que tengan los microorganismos del rumen, quienes son en definitiva los que deben cumplir esa tarea. Los valores de proteína cruda del campo natural se encuentran en muchas ocasiones en el límite de lo requerido para un correcto funcionamiento del rumen (Scaglia, 1995).

El nivel de proteína del campo natural varía entre 6 y 13%, dependiendo de la estación del año y la composición botánica. El contenido tiende a ser mínimo a principios de verano, alcanzando los valores más elevados en invierno y principio de primavera (Berretta, Pigurina, Millot y Saldaña, Berretta et al., citados por Pigurina et al., 1998). El contenido de PC de las especies estivales se incrementa a partir del otoño (6,5-11%), alcanzando valores máximos en primavera (9-14%), para luego decaer a comienzos de verano (6-8%). Las especies invernales presentan en promedio mayores niveles de PC que las estivales, incrementándose desde el otoño (6-15%) a valores máximos en invierno (11,7-16%) para luego descender en primavera (10,5-12%) y llegar a los valores mínimos en verano (4,3-7,2%) (Berretta et al., 1990b).

Existen diversos estudios que evidencian que mediante el empleo de mejoramientos no sólo se mejora la producción y distribución de forraje, sino

que también se obtienen cambios importantes en parámetros de calidad de ese forraje (PC y DMO), los que repercuten de forma directa en el desempeño del animal en pastoreo.

Risso (1998), con dos tipos de mejoramiento en la región de Cristalino Central, reporta niveles promedio de proteína cruda (PC) del forraje sensiblemente superior al de la vegetación matorral típica de los suelos en que trabajaron (8,6% PC contra valores de 12,8% PC promedio de los dos mejoramientos). Los niveles más altos de PC se registraron a partir de invierno (13,4% PC) y primavera (17,1%PC), con forraje bajo y tierno o en activo crecimiento.

En virtud de la selectividad que el animal ejerce al pastorear, estará ingiriendo una dieta que desde el punto de vista de la proteína no será en general limitante para procesos intensivos de crecimiento y engorde (Forbes, Montossi, citados por Risso et al., 2002).

Risso y Morón (1990) también sobre suelos de Cristalino obtuvieron valores para el promedio anual de digestibilidad de la materia orgánica (DMO) de 51,3% para pastura nativa y 61,3% para cobertura de lotus. En ambos casos la tendencia fue la misma: valores máximos durante el invierno y mínimos durante verano y otoño, manteniéndose en todas las estaciones 10 puntos superiores para el mejoramiento.

Scaglia (1995) sobre suelos de la Unidad Alférez reporta valores de PC 9,7% promedio anual para campo natural, en tanto que en mejoramientos con distintas cargas reporta entre 12,8 y 13,8%. A su vez registra valores de DMO de 42,6% para campo natural y valores entre 50,0 y 51,5% para campos mejorados con trébol blanco y lotus. Por último señala valores de fibra de detergente ácido (FDA) de 38,8% para campo natural y 42,9-43,3% para el caso de los mejoramientos (valores altos debidos al forraje acumulado al momento de las determinaciones).

2.3.6. Efecto del mejoramiento sobre la producción animal

A nivel regional el engorde a campo natural se basa en priorizar el desempeño animal en términos de ganancia individual, sin poner énfasis en la utilización del forraje o en la productividad del campo, con bajo nivel de insumos utilizados, marcada zafra de la producción obtenida, bajo nivel de riesgo asociado y relativa estabilidad de los sistemas a lo largo de los años (Pigurina et al., 1998). A través del uso de los mejoramientos y el adecuado uso de los mismos se busca aumentar la producción primaria, mejorar su estacionalidad,

calidad y utilización, constituyéndose entonces en una tecnología de impacto directo sobre la performance animal lograda, de dinamización del proceso de engorde.

Sobre un experimento llevado a cabo en la región Este (Unidad Alférez), Ayala y Carámbula (1995) estudiaron el desempeño de novillos Hereford sobre campo nativo y su mejoramiento con dos cargas (1,07 UG/ha y 1,22 UG/ha), obteniendo ganancias promedio anuales de 0,70 kg/animal/día, sin diferencias significativas entre cargas, en tanto que a campo natural se lograron desempeños significativamente menores, con ganancias del eje de los 0,28 kg/animal/día.

Las mayores diferencias respecto a la situación sobre campo natural resultan del comportamiento en el periodo invernal con valores de 0,35 y 0,12 kg/animal/día para carga baja y alta respectivamente, resultando ambas ganancias significativamente superiores a las logradas sobre campo natural en ese mismo periodo, -0,32 kg/animal/día (Ayala y Carámbula, 1995).

Por otra parte, Correa y Alvim Silva (1998) en trabajos realizados en Quaraí, RS, sobre campos mejorados con raigrás anual, lotus San Gabriel y trébol blanco, reportan ganancias de 1,1 kg/animal/día y 1,07 kg/animal/día vs. ganancias en campo nativo de 0,34 kg/animal/día y 0,31 kg/animal/día. Dichos resultados se corresponden con dos ciclos de engorde de novillos de razas británicas y sus cruza, con cargas promedio de 306 kg/ha de PV y 570 kg/ha de PV.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1. Localización y periodo 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, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9'' latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. n. m.) en el potrero 18. El periodo de evaluación fue verano (7/01 al 28/02) y otoño (1/03 al 5/05) del 2015.

3.1.2. Información meteorológica

Se utilizó información meteorológica de la estación automática de la EEMAC para realizar la caracterización climática del período experimental. Se tomó la serie histórica 2002-2014 de la misma estación para enmarcar dicha caracterización. A partir de las precipitaciones y evapotranspiración se realizó un balance hídrico de Thornthwaite-Mather para el cual se tomó en cuenta una capacidad de almacenaje de agua del suelo de 86 mm (Larratea y Soutto, 2013).

3.1.3. Descripción del sitio experimental

3.1.3.1. Suelos

Los suelos del área experimental pertenecen a la Unidad de suelos San Manuel. Conforme a la clasificación de Suelos del Uruguay pueden ser caracterizados como brunosoles eútricos típicos, encontrándose Solonetz como suelos asociados (Altamirano et al., 1976) desarrollados sobre la formación Fray Bentos según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (Bossi et al., 1975) El relieve es de pendientes moderadas y lomadas suaves (Durán, 1985).

3.1.3.2. Vegetación

La vegetación dominante está formada por un estrato alto dominado por especies arbóreas de monte parque, característico de zonas cercanas al Río Uruguay, apareciendo *Acacia caven* Molina (espinillo) como dominante y

Prosopis affinis Spreng (ñandubay) como especie asociada. En el estrato medio aparecen los renuevos pos-tala de las especies mencionadas anteriormente y otras especies arbustivas, subarbustivas y subarrosietadas como *Baccharis coridifolia*, *B. punctulata* DC., *B. trimera*, *Eupatorium buniifolium* Hook ex Arn. y *Eryngium horridum* Malme entre otras. Conjuntamente con estas especies aparece un tapiz herbáceo como estrato bajo, conformado por una vegetación dominada por gramíneas, de variable valor pastoril, donde se destacan por su frecuencia y participación *Botriochloa laguroides* DC., *Paspalum dilatatum* Poir., *Paspalum notatum* Fl., *Setaria geniculata* (Lam.) Beauv. y *Paspalum plicatulum* Michx. como estivales y *Bromus auleticus* Trinus, *Piptochaetium stipoides* Trinus Et Rupr., *Stipa megapotamica* Spreng ex Trin, *S. setigera* Presl. como invernales. Como leguminosas asociadas se destacan *Desmodium incanum* DC., *Adesmia bicolor* Poir. ex DC. y *Trifolium polymorphum* Poir..

3.1.3.3. Antecedentes del potrero

Según Zanoniani (2009), el área del experimento cuenta, en su mayoría, con una historia de más de 20 años de cría de ganado vacuno, correspondiendo a un “campo virgen” según sugiere la presencia de especies que así lo caracterizan como *Bromus auleticus* Trinus, *Dorstenia brasiliensis* Lamarck (Rosengurtt, 1979) y *Geranium albicans* St. Hil. Existe un área menor del experimento que viene con una historia de distintos manejos de carga y fertilización con nitrógeno y fósforo en el periodo 2001-2004 (Zanoniani, 2009), quedando sin fertilizar y bajo pastoreo homogéneo hasta 2012, cuando se vuelve a un esquema de fertilización evaluando diferentes dosis de nitrógeno.

3.1.4. Animales experimentales

Se trabajó con novillos de 1-2 años de la raza Holando con un peso promedio al inicio del experimento de 229 ± 44 kg PV. Los animales fueron asignados al azar dentro de los distintos tratamientos. Se les realizó tratamiento sanitario tanto interno como externo cuando correspondía.

3.1.5. Tratamientos y diseño experimental

Serán considerados dos experimentos en función de la historia de fertilización de las áreas.

Para el experimento 1 se compararon distintos niveles de intervención sobre el campo natural, siendo los tratamientos: 1) Campo natural sin

intervención (CN), 2) Introducción de especies leguminosas + 100 kg/ha de 7-(40/40)-0 + 4% S (CNM), 3) Fertilización nitrogenada con 60 kg/ha/año de N y 100 kg/ha de 7-(40/40)-0+ 4% S (60N) y 4) Fertilización nitrogenada con 120 kg/ha/año de N y 100 kg/ha de 7-(40/40)-0+ 4% S (120N).

En el experimento 2 se evaluaron tratamientos de niveles de fertilización nitrogenada recibiendo iguales dosis de fertilizantes que los tratamientos 3 y 4 del experimento 1 pero con mayor historia de fertilizaciones NP sucesivas. Estos tratamientos se ubicaron en el bloque 5 (60N1 y 120N1).

El diseño del experimento fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en el espacio. Los bloques fueron asignados según posición topográfica. Los bloques 1, 2, 3 y 4 se dividieron en cuatro parcelas adjudicándole al azar un tratamiento a cada parcela. El tamaño promedio de parcela para CN, CNM, 60N y 120N fue de 0,72, 0,71, 0,26 y 0,26 ha respectivamente, totalizando un área de 7,86 ha.

Por otro lado, el experimento 2 (bloque 5) se dividió en cuatro parcelas de similar tamaño (0,54 ha), quedando conformado por dos tratamientos con dos repeticiones, llegando a 2,22 ha.

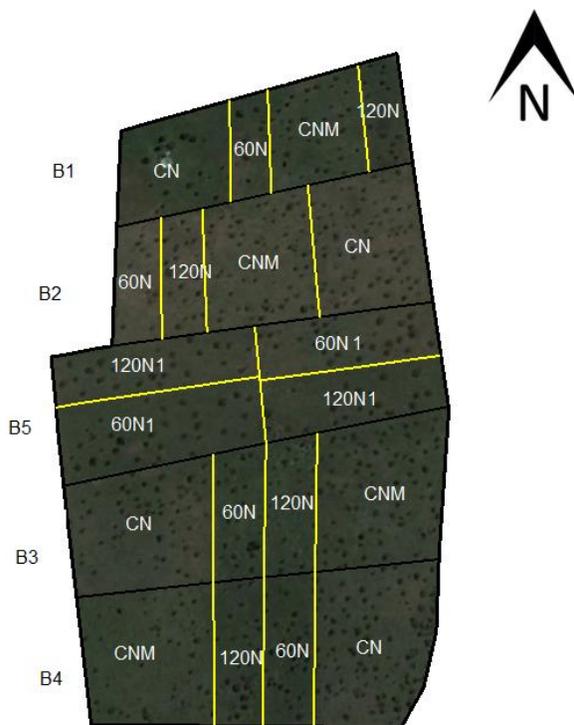


Figura No. 1. Croquis de la disposición de los bloques y los tratamientos en el sitio experimental.

3.1.5.1. Siembra y fertilización

Las especies introducidas fueron *Lotus tenuis* cv. Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 a una densidad de 6 kg/ha respectivamente, con una fertilización a la siembra de 40 kg/ha de P₂O₅, correspondiendo a 100 kg/ha de 7-(40/40)-0 + 4% S. La fecha de siembra fue el 3 de setiembre de 2014, realizándose la misma al voleo sobre el tapiz natural.

Debe destacarse que se logró una pobre implantación de las especies introducidas debido a la densidad que presentaba el tapiz al momento de la siembra, al volumen de restos secos acumulados y a la época de siembra que determina condiciones de mayor competencia del tapiz y riesgos de sequía. El manejo del pastoreo posterior a la siembra aumentó la competencia del tapiz por manejo de ofertas de forraje altas.

La fertilización nitrogenada se realizó con una fuente amoniacal bajo forma de Urea granulada. El esquema de fertilización es particionado, con aplicaciones de otoño y primavera. La primera aplicación se llevó a cabo en la primavera 2014 (3 de setiembre) con 30 kg/ha de N y 60 kg/ha de N para los tratamientos 60N y 120N respectivamente. Estos tratamientos también recibieron 100 kg/ha de 7-(40/40)-0 + 4% S.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. Manejo experimental

Se utilizó un método de pastoreo rotativo con carga animal variable (Mott y Lucas, 1952) para ajustar la oferta de forraje (OF) según la estación del año. Los ciclos de pastoreo fueron de 28 días para el experimento 1, constituidos por 7 días de ocupación de la parcela y 21 días de descanso, y de 30 días para el experimento 2, consistentes en 15 días de pastoreo y 15 días de descanso. El objetivo de oferta de forraje se fijó *a priori* y era de 10% de PV para el verano y 8% de PV para el otoño.

Se utilizó el método de “put-and-take” para el ajuste de la OF utilizando animales fijos (tésters) y animales “volantes” para lograr las OF objetivo en cada periodo de ocupación de la parcela. Este método de ajuste se realizó para que las comparaciones entre tratamientos sean válidas, ya que así se logran intensidades de pastoreo uniformes (Blaser et al., Lucas, Mott, Mott y Lucas, citados por Maraschin, 1993).

3.2.2. Determinaciones en la pastura

3.2.2.1. Estimación de la materia seca presente

La estimación de la materia seca presente se realizó a través del método de doble muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975) previo al ingreso de los animales a la parcela (disponible) o pos pastoreo (remanente).

La metodología de doble muestreo implica la estimación de forraje a través de técnicas destructivas, a través del corte y pesada de muestras, y no destructivas, asociando puntos de diferente escala visual con los niveles de forraje presente obtenidos mediante la primera técnica.

Se definió una escala visual de disponibilidad de forraje de 5 puntos, correspondiendo el valor 1 con la menor disponibilidad y el 5 con la mayor disponibilidad representativa del bloque. Los puntos 2, 3 y 4 representan valores intermedios de masa de materia seca presente

Para la definición de la escala se recorrió el bloque previo al ingreso de los animales o a la salida de estos, definiéndose en primer lugar el rango de disponibilidad de la materia seca presente. Cabe aclarar que en la fracción materia seca presente no se consideró la biomasa de las especies no consumidas bajo condiciones normales de disponibilidad de forraje (especies espinosas y malezas de campo sucio). Se tuvo bajo consideración a aquellas especies que son consumidas cuando se presentan jóvenes y de reducido tamaño.

Luego de muestreada el área se registró al corte de los cuadros el valor de escala que representaban y la altura de la pastura para cada uno de ellos. Se cortaron tres repeticiones para cada punto de la escala, completando 15 muestras cortadas. Se cortó dejando un remanente de 1 cm aproximadamente, poniendo cuidado en no incluir el material muerto depositado sobre el suelo que constituye el mantillo, fracción que no interesa considerar dentro de la materia seca presente ya que no se asocia al crecimiento de la pastura ni al desempeño de los animales.

Las muestras se pesaron en fresco y se secaron en estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante (48 a 72 horas).

Se muestreó el área utilizando marcos de 0,50 x 0,50 m, registrando en cada uno (unidad muestral) el valor de escala, altura de la pastura en cm y, en combinación con el método Botanal (Botanical Analysis) de Tothill et al. (1992),

la contribución porcentual de las diferentes fracciones a la materia seca presente. El número de muestras fue de 30 en las parcelas de menor superficie y 60 en las parcelas de mayor superficie. La distribución de las muestras en el espacio fue mediante muestreo sistemático recorriendo el área, procurando realizar un muestreo lo más homogéneo y representativo posible.

La altura de la pastura se determinó considerando la altura de la hoja verde más alta que contactaba con la regla, no considerando la hoja bandera de las macollas en floración, ni las cañas. En los casos donde no se aplicó doble muestreo al final del periodo de pastoreo, se registraron 75 medidas de altura en las parcelas de menor tamaño y 150 medidas para las de mayor tamaño.

Con los pares de valores de kg/ha de MS y altura del forraje y con los kg/ha de MS y la escala visual, se ajustaron ecuaciones de regresión. En base al coeficiente de determinación de las funciones (mayor R^2) se eligió el método de medición a efectos de ser utilizado en las estimaciones.

Para el caso particular del experimento 2 la metodología aplicada fue la misma, variando en la frecuencia de muestreo. Se muestreaban las parcelas cada 15 días al ingreso de los animales. Al final del pastoreo se registraban el remanente a través de 150 medidas de altura en ambos tratamientos.

3.2.2.2. Estimación de la producción de MS

La producción total de MS (ProdT) corresponde a la suma del forraje producido en cada ciclo de pastoreo.

Dichas producciones se obtienen sumando lo producido en los periodos de descanso (diferencia entre los kg/ha de MS presente al inicio del pastoreo (Disp) y los kg/ha de MS presentes al final del pastoreo anterior (Rem)) más lo producido durante el periodo de pastoreo (tasa de crecimiento*días).

3.2.2.3. Estimación de la tasa de crecimiento del forraje

La tasa de crecimiento (TC) se calculó como la producción de MS acumulada en un ciclo de pastoreo, dividido los días del ciclo de pastoreo.

3.2.2.4. Estimación de la MS disponible

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

3.2.2.5. Estimación de la altura de la MS disponible

Para calcular la altura de la MS disponible (AltD), se promedian las cinco alturas que se registraban en cada una de las mediciones con marcos 0,50 x 0,50 m (30 mediciones en 60N y 120N y 60 mediciones en CN y CNM).

3.2.2.6. Estimación de la MS remanente.

La MS remanente (Rem) se estimó como la MS presente al final de cada pastoreo.

3.2.2.7. Estimación de la altura de la MS remanente

Para calcular la altura de la MS remanente (AltR) en los casos donde se muestreaba al final del pastoreo se utilizaban las alturas que se desprendían del promedio de los cinco registros por Botanal. Cuando no correspondía muestrear el remanente, se promediaban los 75 registros de altura en las parcelas de menor área y los 150 registros en las de mayor área.

3.2.2.8. Estimación de la MS desaparecida

La MS desaparecida en kg/ha (DesP) se calculó como la diferencia entre la MS disponible a inicio de pastoreo (Disp) y la MS remanente a fin de pastoreo (Rem).

La MS desaparecida expresada como % del disponible (Des) se calculó como $(DesP/Disp) \cdot 100$.

3.2.2.9. Determinación de la composición botánica

El método Botanal (Tothill et al., 1992) permite la estimación de la contribución porcentual al forraje presente de especies y/o grupos de especies previamente establecidos. Para asociar la composición de la pastura y la MS presente a una escala que permita la asociación con los resultados de desempeño animal, se propone la descripción a nivel de fracciones dominantes

que se agrupan por características de ciclo de producción, tipo productivo, tipo vegetativo y hábito de vida. Para este trabajo se definieron quince grupos y fracciones: 1- *Paspalum notatum*, 2- Gramíneas perennes invernales tierno-finas, 3-Gramíneas perennes invernales ordinario-duras, 4- Leguminosas, 5- Restos secos, 6- *Paspalum quadrifarium*, 7- *Paspalum plicatulum*, 8- Hierbas menores, 9- Hierbas enanas, 10- *Coelorhachis selloana*, 11- *Paspalum dilatatum*, 12- Gramíneas perennes estivales ordinario-duras, 13- Gramíneas perennes estivales tierno-finas, 14- Gramíneas anuales estivales, 15- Cardos. Para calcular la contribución de MS de cada grupo de especies se utilizó el ranking propuesto por Tothill (1978). A efectos del análisis estadístico y visualización de los resultados, ciertas fracciones se incluyen dentro de grupos de especies más amplios. En este sentido *Paspalum plicatulum*, *Coelorhachis selloana* y *Paspalum dilatatum* se incluyen dentro del grupo Gramíneas perennes estivales tierno-finas (GETF), mientras que *Paspalum quadrifarium* pasa a ser parte de Gramíneas perennes estivales ordinario-duras (GEOD). Por su parte las fracciones representadas por hierbas enanas, hierbas menores y cardos anuales (géneros *Carduus* sp. y *Cirsium* sp.) conforman el grupo denominado genéricamente hierbas (Hier).

El método de Botanal permite estimaciones de otros atributos adicionales de las pasturas, como superficie y cobertura (Martins et al., 2004). Para el caso del presente experimento además de los grupos funcionales mencionados, se determinó el porcentaje de cobertura de suelo desnudo, de *Eryngium horridum* y de malezas de campo sucio, que sin contribuir a la MS disponible ayudan a explicar el comportamiento animal en pastoreo.

3.2.3. Determinaciones en los animales

3.2.3.1. Peso vivo

Para determinar el PV, se realizaron pesadas de los animales cada 15 días con un ayuno previo de 12 horas, a efectos de minimizar el error que resulta de las variaciones por llenado diferencial del tracto digestivo.

3.2.3.2. Carga total e instantánea

Para la estimación de la carga total se calcularon los kg de PV totales y se dividieron por la superficie total de cada tratamiento, mientras que para la carga instantánea, los kg de PV se dividieron sobre la superficie de la parcela al momento en que pastoreaban. Se calcularon para cada periodo y luego se ponderaron para el total del periodo.

3.2.3.3. Ganancia animal

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

3.2.3.4. Ganancia por hectárea

Para el cálculo de la ganancia de PV por hectárea se procedió a extrapolar la ganancia media de los animales téster al número total de animales presentes en cada tratamiento para los periodos de verano y otoño. Para el periodo total se procedió a sumar las ganancias obtenidas para cada estación.

3.2.4. Oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) se define como la asignación de materia seca cada 100 kg de PV animal. A partir de los kg de MS disponible determinados, el periodo de ocupación de las parcelas y las OF objetivo, se determinaban los kg de PV requeridos para el logro de dichas OF.

Es pertinente aclarar en este punto que para los tratamientos 60N y 120N se incurrió en ese momento en un error de determinación de la MS disponible, siendo ésta subestimada debido a un error de cálculo en las planillas que derivó en promedios que eran la mitad de los reales, conllevando a que las OF ajustadas resulten en aproximadamente el doble de las OF objetivo.

3.2.5. Calidad del forraje consumido por los animales

Para determinar la calidad del forraje consumido se tomaron muestras de 200 gramos por parcela obtenidas mediante el método de "hand plucking" (Moseley y Moseley, 1993), y en laboratorio se realizaron análisis de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (aFDNmo), fibra detergente ácido (FDAmo) y lignina (Ligas). Además se calculó la digestibilidad in vitro (DIVMS) mediante la ecuación $\%DIVMS = 88,9 - (\%FDA \cdot 0,779)$ propuesta por Ustarroz et al. (1997).

3.3. HIPÓTESIS

3.3.1. Hipótesis biológica

* El efecto de la fertilización nitrogenada e introducción de leguminosas 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 tipos productivos de mayor valor forrajero lo cual mejorará la calidad de la pastura aumentando la ganancia animal.

* La introducción de leguminosas permitirá obtener ganancias individuales superiores al campo fertilizado y campo natural.

3.3.2. Hipótesis estadística

* $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

* $H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

3.4. MODELO ESTADÍSTICO

3.4.1. Modelo estadístico para la pastura

El modelo experimental para el periodo experimental corresponde a un diseño en Bloques completos al azar (DBCA) con parcelas divididas en el tiempo, quedando representado por:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_j + t\beta_{ij} + \gamma_k + t\gamma_{ik} + \xi_{ijk}$$

Siendo:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- t_i = es el efecto de la i -ésimo tratamiento.

- B_j = es el efecto del j-ésimo bloque.
- $t\beta_{ij}$ = es la interacción tratamiento por bloque correspondiente al error A
- γ_k = es el efecto de la k-ésima estación.
- $t\gamma_{ik}$ = es la interacción tratamiento por estación
- ξ_{ijk} = es el error experimental. Error B

El modelo estacional corresponde a un diseño en Bloques completos al azar (DBCA). Para una medición:

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

Siendo:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- t_i = es el efecto de la i-ésimo tratamiento.
- B_j = es el efecto del j-ésimo bloque.
- ξ_{ij} = es el error experimental.

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

3.4.2. Modelo estadístico para el animal

El modelo corresponde a un diseño completo al azar.

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

Siendo:

- Y = corresponde a la variable de interés, ganancia de peso animal.

- μ^* = es el intercepto.
- t_i = es el efecto de la i -ésimo tratamiento.
- β_1 = coeficiente de regresión de la covarianza PI.
- β_2 = coeficiente de regresión de la covarianza EI.
- PI = es el peso animal al inicio del experimento (covariable).
- EI = es la edad animal al inicio del experimento (covariable).
- ξ_{ij} = es el error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1. Temperatura

En la siguiente figura se presenta la evolución de las temperaturas media, máxima y mínima ocurridas de enero a mayo del 2015, así como la serie histórica 2002-2014 en dichos meses.

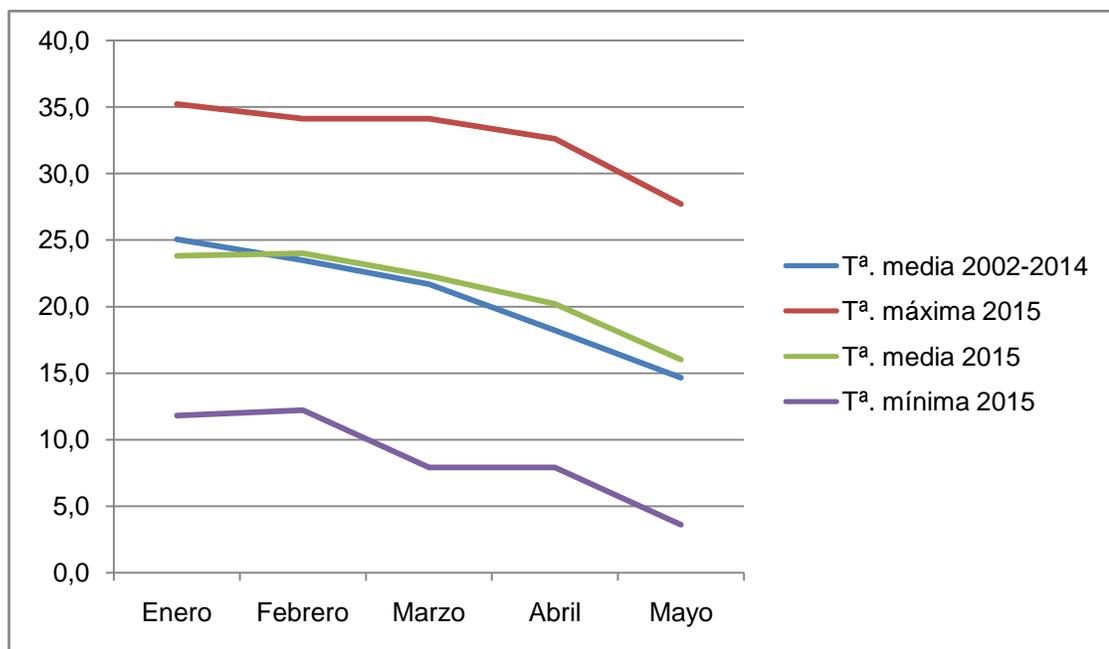


Figura No. 2. Temperaturas máximas, mínimas y medias entre enero y mayo de 2015 y medias de los mismos meses para la serie 2002–2014.

De la figura anterior se desprende que las temperaturas promedio del periodo experimental fueron similares a las temperaturas promedio de la serie 2002-2014, con temperaturas algo menores (1°C) para el mes de enero y temperaturas un poco mayores para los meses de febrero, marzo, abril y mayo ($0,5^{\circ}\text{C}$ a 2°C).

4.1.2. Precipitaciones

En la figura No. 3 se presentan las precipitaciones mensuales diciembre a mayo de los años 2014 y 2015, así como el promedio histórico (2002-2013) para cada mes.

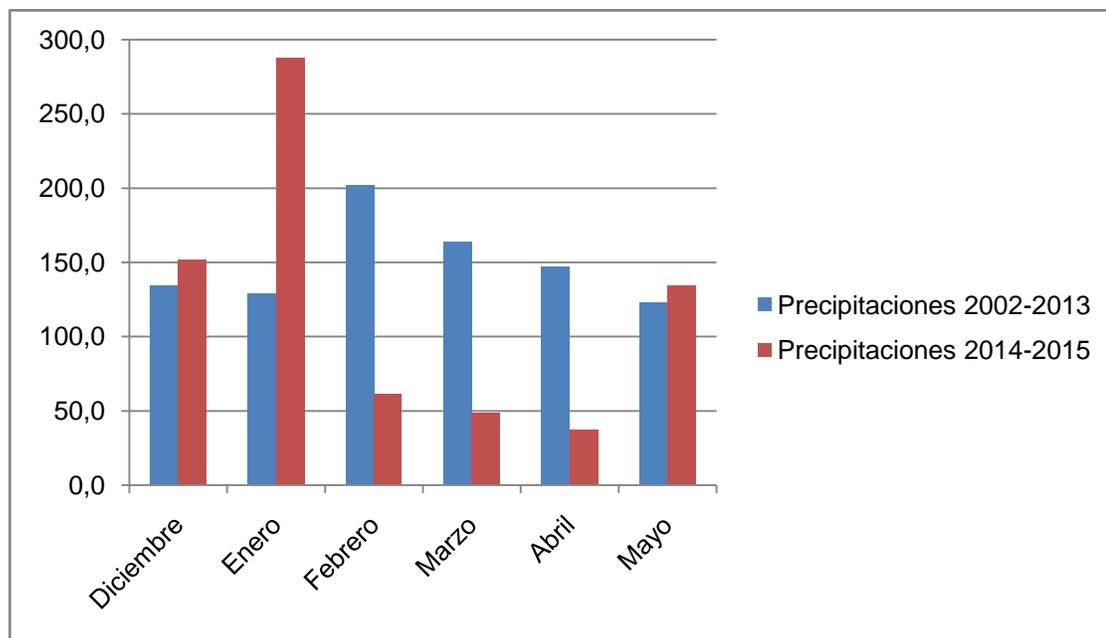


Figura No. 3. Volumen de precipitaciones ocurridas de diciembre 2014 a mayo del 2015 y serie histórica 2002-2013 para dichos meses.

A partir de la figura anterior pueden apreciarse notorias diferencias entre el régimen de precipitaciones del periodo experimental respecto del promedio histórico. Si bien para los meses de diciembre 2014 y mayo 2015 las precipitaciones fueron similares a la serie histórica, para el mes de enero se registró una notoria superioridad respecto de la media histórica, registrándose volúmenes de lluvias que más que duplican a dicho valor (aumento del 223%). Por su parte, para los meses de febrero, marzo y abril se observa un régimen de precipitaciones marcadamente inferior al de la serie histórica (30%, 28% y 25% respectivamente).

A continuación se presenta la evolución del agua disponible en el suelo, la evapotranspiración real (ETR) y periodos de déficits y excesos hídricos. Para el cálculo de ETR se tomaron los valores de referencia de coeficiente del cultivo (Kc) propuestos por Arce et al. (2013) para un pastura dominada por *Paspalum notatum*.

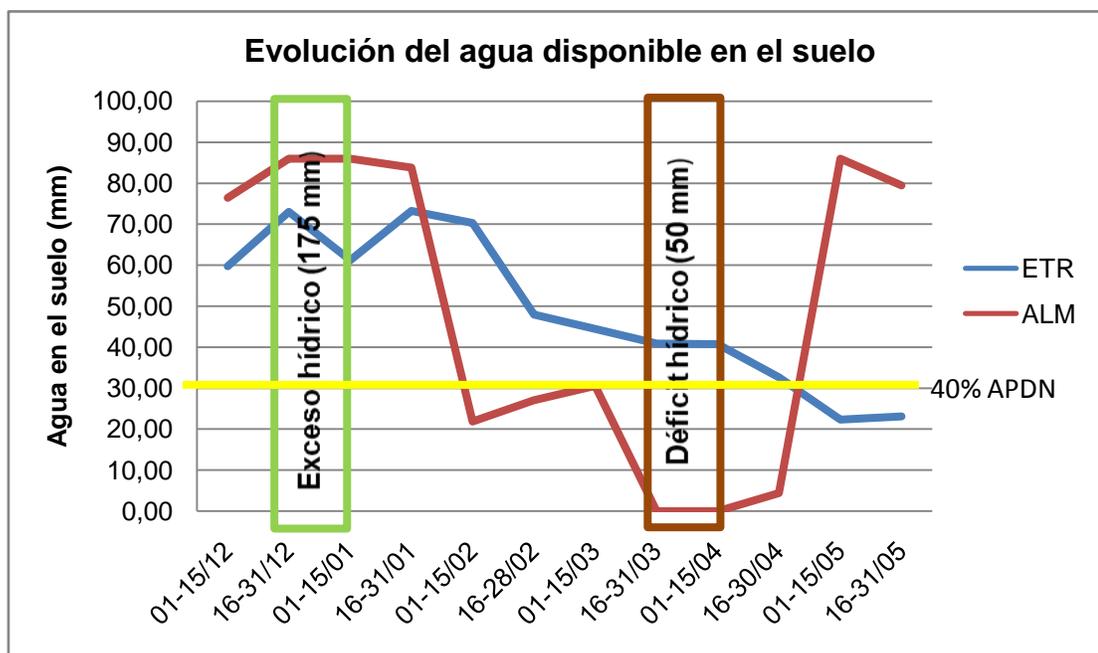


Figura No. 4. Evolución del agua disponible en el suelo, evapotranspiración real y periodos de déficits-excesos hídricos para el periodo bajo evaluación.

En la figura No. 4 se aprecia la evolución del contenido de agua disponible en el suelo para el periodo en estudio, relacionado con la evolución de la ETR.

Se observa al comienzo del experimento un periodo de exceso hídrico, con el suelo a capacidad de campo hasta fines de enero, seguido por un periodo en el que desciende el contenido de agua en el suelo para establecerse un marcado déficit entre el 15 de marzo y 15 de abril, ocasionado por las escasas precipitaciones registradas y la ETR del periodo. Cabe destacar que desde la segunda quincena del mes de febrero se llega a valores inferiores al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN en la figura), lo que determina que el agua ya no esté fácilmente disponible para las plantas (fuera de confort hídrico) y comience a limitar el crecimiento de la pastura (García Petillo, 2012). A partir del 30 de abril se comienza a dar una recarga del perfil, alcanzando la capacidad de campo a finales del periodo experimental.

4.2. PRODUCCIÓN PRIMARIA

4.2.1. Análisis del periodo total para el experimento 1

4.2.1.1. Efecto del tratamiento

Es de interés conocer los cambios experimentados en producción primaria que puedan ser adjudicados a las diferentes dosis aplicadas de nitrógeno y fósforo así como a la introducción de leguminosas.

A continuación se presenta cómo incidieron los tratamientos sobre las variables producción total y tasa de crecimiento.

Cuadro No. 1. Efecto del tratamiento sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC) para el total del periodo.

Trat	ProdT(kg/ha)	TC (kg/día)
CN	3984	29,6
CNM	3107	26,6
60N	4473	35,6
120N	4181	35,4

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,41$) para producción de materia seca en el total del periodo. Tampoco se detectan diferencias significativas para TC ($p=0,40$) en el periodo que se estudia.

Si bien los tratamientos no se diferencian significativamente, las producciones totales para 60N y 120N superan a la del CN en un 12 y 5% respectivamente, producto de que sus tasas de crecimiento son en promedio 19% superiores a la del CN. El hecho de no detectar diferencias significativas podría deberse al tiempo transcurrido desde la fertilización (6 meses) y a lo bajo de la dosis ya que se aplicaron la mitad correspondiente al final del invierno, coincidiendo con Berreta (1998a) quien afirma que las diferencias se observan a partir del primer año y se magnifican a medida que aumenta el agregado de nutrientes.

Las diferencias en las tasas de crecimiento entre CN y los tratamientos N podrían haber sido superiores por el hecho de que las OF con que se manejaron los tratamientos nitrogenados fueron el doble (cuadro No. 14), lo que podría estar limitando la eficiencia fotosintética de la pastura en los tratamientos 60N y 120N, ya que según Nabinger (1998) altas OF deprimen las TC debido a

mayor presencia de tejido viejo en el forraje remanente y porque el tejido nuevo se forma en condiciones limitantes de luminosidad determinando que aún en condiciones óptimas de radiación fotosintéticamente activa su eficiencia en el uso de la misma sea baja.

Según Morón (1996), los máximos aportes de N como NO₃ por parte del suelo se dan en verano cuando las condiciones de temperatura del suelo favorecen a la mineralización de la MO, proceso por el cual el N podría no haber sido limitante para el crecimiento, justificándose entonces la ausencia de una respuesta residual a la fertilización primaveral (en este caso las condiciones más propicias a la mineralización se dieron en otoño).

Por último, estos datos refieren al periodo total y por lo tanto incluyen el otoño, donde el déficit hídrico habría sido el factor de más peso sobre las TC y por tanto de la ProdT, coincidiendo con Ayala y Carámbula (1994), quienes afirman que la magnitud de la respuesta al agregado de N estarían determinadas por la tasa potencial de crecimiento que entre otros factores, depende de las condiciones hídricas.

A continuación se presenta el forraje disponible, altura del disponible, forraje remanente, altura del remanente y forraje desaparecido promedio expresado en kg/ha y como % del disponible según el tratamiento.

Cuadro No. 2. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el total del periodo.

Trat	Disp (kg/ha)	AltD (cm)	Rem (kg/ha)	AltR (cm)	DesP (kg/ha)	Des (%)
CN	3009	11,8	2127	9	909	29,1
CNM	2934	11,3	2264	8,8	748	24,1
60N	3279	12,8	2406	10,5	936	28,1
120N	3361	12,6	2608	11,3	654	19,4

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

Para disponibilidad de forraje promedio no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos ($p=0,37$), siendo dichos resultados coincidentes con los encontrados para altura del disponible, variable para la cual tampoco se reportaron diferencias ($p=0,43$).

Álvarez et al. (2013) afirman que el forraje producido es la variable que más explica el forraje disponible a lo largo del año. Entonces la explicación para

que los kg/ha de forraje disponible no varíen por efecto del tratamiento es que las tasas de crecimiento que hacen al forraje producido en el periodo, están limitadas en el caso de los tratamientos N por altas OF.

El remanente promedio y la altura promedio para el remanente no reportaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,34$ y $p=0,29$).

El forraje remanente para CN resulta ser el 70% del disponible mientras que para 60N representa el 72%, por lo que el forraje desaparecido en ambos tratamientos es similar (29% y 28% del disponible para CN y 60N respectivamente). Las diferencias son más notorias al comparar CN vs 120N, que combina altas OF y altos niveles de N, y donde el desaparecido disminuye un 10%. Con respecto a esto, Lemaire (1997) afirma que si la pastura fertilizada no es defoliada activamente en un periodo de tiempo menor a lo que demora el promedio de la comunidad de especies en expandir sus hojas, la cantidad de tejido perdido por senescencia será mucho mayor que si la pastura no es fertilizada. Por lo tanto, si el uso de fertilizantes no viene acompañado de un régimen controlado de defoliaciones se podrán obtener efectos adversos en la productividad animal como consecuencia del exceso de material muerto acumulado. Consecuentemente, altas fertilizaciones y altas OF generan sombreado y por lo tanto senescencia.

Al analizar los resultados de forraje desaparecido total y porcentual no se encontraron diferencias debidas a efecto de los tratamientos ($p=0,37$ y $p=0,38$ para desaparecido en kg/ha de MS y como % del disponible respectivamente).

Willoughby, Reardon, Allison y Kothmann, citados por Stuth y Chmielewski (1981) explican que las diferencias entre consumo animal y forraje desaparecido pueden deberse a descomposición y efectos del pastoreo (pisoteo, deyecciones, etc) y tomando como referencia a Waite et al., Johnstone-Wallace y Kennedy, citados por Hodgson et al. (1971) quienes afirman que el consumo de ganado adulto recién comienza a disminuir cuando la disponibilidad de forraje cae por debajo de 1000-1100 kg MS/ha, se supone que los niveles de disponibilidad de forraje manejados no generan diferencias en kg de MS consumidos por animal, es decir no hubieron OF limitantes al consumo, y en base a todo esto la hipótesis que se maneja es que en los DesP de los tratamientos 60N y 120N tiene mayor peso relativo el componente senescencia respecto a los DesP de CN y CNM en los cuales los componente consumo y pisoteo expresados por hectárea tienen mayor peso relativo que la senescencia. De esta forma, los DesP no varían en cantidad pero sí lo hacen en cuanto al peso relativo de cada uno de sus componentes.

4.2.1.2. Efecto de la estación

Se presenta a continuación como incidió la estación sobre las variables producción total y tasa de crecimiento.

Cuadro No. 3. Efecto de la estación sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC).

Est.	ProdT (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
Ver	2710 A	44,4 A
Oto	1225 B	19,2 B

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

Se registran diferencias estadísticamente significativas en ProdT por efecto estación (DMS=560) a favor del verano. En cuanto a la TC también el verano supera al otoño siendo estadísticamente diferentes entre ellos (DMS=10,6).

Los resultados están acorde a lo esperado ya que las condiciones de temperatura y radiación son más favorables al crecimiento vegetal de tipo C4 en verano que en otoño. Otro argumento de peso para explicar este comportamiento es el déficit hídrico que se presentó en el periodo otoñal, siendo este déficit la variable que seguramente más pesó en las TC otoñales.

Se presenta a continuación el forraje disponible, altura del disponible, forraje remanente, altura del remanente, forraje desaparecido promedio expresado en kg/ha y como % del disponible según la estación.

Cuadro No. 4. Efecto de la estación sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des).

Est.	Disp (kg/ha)	AltD (cm)	Rem (kg/ha)	AltR (cm)	DesP (kg/ha)	Des (%)
Ver	3538 A	14,5 A	2390	11,3 A	1101 A	30,1 A
Oto	2753 B	9,7 B	2312	8,5 B	523 B	20,3 B

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

Se encontraron diferencias significativas en el forraje disponible y en la altura del mismo siendo ambas variables mayores en verano (DMS=313 y 1,1 respectivamente). En cuanto al forraje remanente no se detectaron diferencias

significativas entre verano y otoño siendo que las alturas de esos remanentes sí difieren entre ellas con una DMS=1,1, siendo más alta en verano.

Al inicio del experimento las parcelas venían de un periodo de 28 días de descanso, difiriéndose forraje desde la primavera y determinando que los disponibles de partida en verano fueran muy altos, no siendo así para otoño. Sumado a lo anterior, las TC respectivas hacen a mayores producciones entre pastoreos para la estación de verano respecto a la de otoño. Las alturas de los disponibles se explican por las mismas razones.

Los remanentes no presentan diferencias entre tratamientos debido a mayores desaparecidos en verano asociados a disponibles mayores para esa estación, concordando con Boggiano et al. (2000) donde a OF constantes, aumentos en la producción se asocian con aumentos del forraje desaparecido.

Las diferencias en altura y no en kg de materia seca del remanente, reflejan que la distribución vertical del forraje fue diferente, debido a que el forraje en otoño tenía una mayor concentración de MS (por el ciclo fin de ciclo de las especies estivales y por el déficit hídrico) y por diferencias de composición del forraje remanente donde hubo un mayor peso relativo de los restos secos en otoño (por forraje senescente diferido desde el verano y forraje muerto por el déficit hídrico otoñal), los cuales tienden a caer al suelo, achatando el canopeo.

Tanto el DesP y el Des presentan diferencias estadísticamente significativas, presentando ambas variables mayores valores en verano. Las DMS son de 222,3 y 7,47 para DesP y Des respectivamente.

Estos resultados se explican porque los disponibles de verano son mayores a los de otoño, y como ya se explicó para el efecto tratamiento, esto determina que los desaparecidos sean mayores, Álvarez et al. (2013).

4.2.2. Análisis del periodo de verano para el experimento 1

4.2.2.1. Efecto del tratamiento

A continuación se presenta cómo incidieron los tratamientos sobre las variables producción total y tasa de crecimiento para los 60 días estudiados.

Cuadro No. 5. Efecto del tratamiento sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC) para el periodo de verano.

Trat.	ProdT (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	2787	42
CNM	2017	35
60N	2899	48
120N	3139	53

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

No se encuentran diferencias significativas para ProdT ($p=0,40$) ni para TC ($p=0,38$) en el periodo estival.

Al igual que para el periodo total, los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente ni en TC ni en ProdT aunque se observó el mismo comportamiento a favor de los tratamientos nitrogenados los cuales en promedio tienen una TC 20% superior a la del CN, probablemente como consecuencia residual de la fertilización en primavera sobre las especies estivales dominante del tapiz, en una estación en la cual según Boggiano et al. (2002) las condiciones ambientales promueven mejores condiciones de crecimiento. Esta mayor producción respondería al efecto del N sobre aspectos fisiológicos y morfológicos de las especies presentes en el tapiz según lo que reportan Wilman y Wright (1983), Whitehead (1995) a través de un incremento en la tasa de elongación laminar, y aumentando la densidad de macollos, la cual se ve favorecida por la mayor tasa de aparición foliar (Mazzanti y Lemaire, 1994).

De nuevo es pertinente hacer referencia a que las ofertas de forraje manejadas para 60N y 120N podrían haber presionado a la baja a sus respectivas tasas de crecimiento por los motivos ya expuestos para el periodo total. Reforzando esto, Maraschin (1998), encontró que los campos naturales manejados en verano a OF de 12% y 16%, fueron los que mejor expresaron el momento más productivo de los grupos de especies presentes, siendo que a OF mayores se deprimieron las tasas, en relación directa con la eficiencia de conversión de la energía.

A continuación se presenta cómo incidieron los tratamientos sobre el forraje disponible, altura del disponible, forraje remanente, altura del remanente y forraje desaparecido promedio expresado en kg/ha y como % del disponible para los 60 días estudiados.

Cuadro No. 6. Efecto de la intervención sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el periodo de verano.

Trat.	Disp (kg/ha)	AltD (cm)	Rem (kg/ha)	AltR (cm)	DesP (kg/ha)	Des (%)
CN	3410	15	2130	11,0	1124	30,5
CNM	3349	14	2344	10,0	1060	29,5
60N	3709	15	2274	12,0	1276	34,0
120N	3687	15	2501	12,0	944	26,5

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

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas para el forraje disponible ($p=0,60$) ni para la altura del mismo ($p=0,91$) en el periodo de verano. Tampoco existen diferencias debidas al tratamiento para el forraje remanente ($p=0,71$) ni para la altura del mismo ($p=0,62$) en el periodo estival. Los tratamientos no se diferencian entre sí ni en el DesP ($p=0,69$) ni en el Des ($p=0,77$) para el periodo de verano.

El disponible promedio entre 60N y 120N es 8% superior al de CN y se explica por las tasas de crecimiento 20% superiores para los tratamientos con N.

Al igual que para el periodo total, es coherente pensar que a pesar de que el forraje desaparecido no varía en kg entre tratamientos, sí sean diferentes en cuanto al peso relativo de los factores que lo componen (debido a que las ofertas de forraje son más altas en los tratamientos N).

Si no varían los disponibles ni los kg de forraje desaparecido, los kg de forraje remanente luego de un pastoreo es esperable que tampoco se diferencian entre tratamientos.

4.2.3. Análisis del periodo de otoño para el experimento 1

4.2.3.1. Efecto del tratamiento

Se presentan a continuación como incidieron los tratamientos sobre las variables producción total y tasa de crecimiento para los 60 días estudiados.

Cuadro No. 7. Efecto del tratamiento sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC) para el periodo de otoño.

Trat.	ProdT (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	1197	17
CNM	1090	19
60N	1573	23
120N	1042	18

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

No se encuentran diferencias significativas para las variables presentadas (ProdT: $p=0,75$; TC: $p=0,61$).

Las tasas de crecimiento y las producciones totales de la estación de otoño no se diferencian entre tratamientos, resultados que no concuerdan con los que reportan Berreta et al. (1998b), Boggiano et al. (2004a), que refieren a mayores producciones de MS en otoño (y a la estación fría en general) por efecto del agregado de N. En este sentido Álvarez et al. (2013) observaron que a altas OF la estacionalidad es poco sensible al agregado de N presentando una leve tendencia a aumentar debido a que se difiere mucho forraje en pie al otoño y éste interfiere con el rebrote de las especies invernales. A pesar de esto la principal hipótesis que se maneja es que el fuerte déficit hídrico que se presentó a partir del 15 de marzo (figura No. 4) deprimió el potencial de respuesta al N y por tanto estos tratamientos se comportan como CN y CNM.

Como ya se explicó para el periodo total, según Morón (1996), las condiciones de temperatura del suelo estarían favoreciendo al proceso de mineralización de la materia orgánica por tanto era esperable un buen aporte de N como NO_3 por parte del suelo, por lo que la hipótesis manejada es que el N no fue limitante para el crecimiento en los tratamientos CN y CNM.

A continuación se presentan los resultados para el forraje disponible, altura del disponible, forraje remanente, altura del remanente y forraje desaparecido promedio expresado en kg/ha y como % del disponible según tratamiento para los 60 días estudiados.

Cuadro No. 8. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el periodo de otoño.

	Disp (kg/ha)	AltD (cm)	Rem (kg/ha)	AltR (cm)	DesP (kg/ha)	Des (%)
CN	2608	9 BC	2124	7,3	694	27,8
CNM	2520	8,6 C	2184	7,0	437	18,8
60N	2850	10,8 A	2537	9,3	596,5	22,3
120N	3034	10,5 AB	2717	10,5	363,5	12,3

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

El forraje disponible en otoño no varía con los tratamiento ($p=0,24$), lo mismo que los remanentes ($p=0,19$) y la altura de dichos remanentes ($p=0,14$). Sí se encuentran diferencias significativas en la altura de los disponibles según el tratamiento para la estación de otoño ($DMS=1,6$).

La diferencia en la altura del disponible podría estar reflejando una distribución vertical del forraje diferente entre los tratamientos y podría deberse a un efecto combinado de la alta OF y altos niveles de N, conllevando a que la competencia por luz sea mayor y por ende a la generación de un canopeo más alto.

Los DesP no varían en el otoño según el tratamiento ($p=0,26$). Tampoco existen diferencias significativas al expresar el forraje desaparecido en porcentaje ($p=0,28$).

Las bases para explicar que tanto el DesP y el Des no varíen cuantitativamente según tratamiento para la estación de otoño son las mismas que para el periodo total y el de verano, y refieren a que las diferencias son de naturaleza cualitativa, ya que la OF manejada y el nivel de N aplicado a cada tratamiento generarían variaciones en los factores que hacen al forraje desaparecido (consumo, pisoteo-deyecciones y senescencia).

4.2.4. Análisis del periodo total para el experimento 2

Es de interés conocer los cambios experimentados en producción primaria que puedan ser adjudicados a la historia de fertilización con nitrógeno y fósforo.

4.2.4.1. Efecto del tratamiento

A continuación se presenta cómo incidió la historia de fertilización sobre la producción total y tasa de crecimiento.

Cuadro No. 9. Efecto de la historia de fertilización sobre la producción total (ProdT) y tasa de crecimiento (TC) para el total del periodo.

	ProdT (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
N	2163 A	35,5 A
N1	1312 B	19,2 B

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

Hay efectos significativos entre tratamientos para producción de forraje ($p=0,04$) y para tasa de crecimiento ($p=0,01$).

Cuando se analiza el contraste entre N y N1 se evidencia que los tratamientos con más años de fertilización deprimen su tasa de crecimiento y producción de forraje para el periodo verano-otoño. Los tratamientos N produjeron un 65% más que los tratamientos N1 para el periodo verano-otoño consecuencia de una TC 84 % superior. Esto se pudo deber a una sustitución de especies perennes que componían el tapiz natural por especies anuales. Cardozo et al. (2008), reportan la predominancia de especies anuales invernales como efecto residual de las sucesivas fertilizaciones, observando que con altas dosis de N hubo alta presencia del raigrás anual, gramínea anual invernal que realiza una gran extracción de nitrógeno en la primavera al pasar a estado reproductivo. Por otra parte, a los efectos del muestreo de la composición botánica este fenómeno se observó como manchones de restos secos distribuidos a lo largo de estas parcelas formando un mantillo que cubría el suelo pero que no aportaba forraje al tratamiento en dichas estaciones.

A continuación se presenta para el total del periodo cómo incidió la historia de fertilización sobre el forraje disponible, altura del disponible, forraje remanente, altura del remanente y forraje desaparecido promedio expresado en kg/ha y % del disponible para el total del periodo.

Cuadro No. 10. Efecto de la historia de fertilización sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des) para el total del periodo.

Trat.	Disp (kg/ha)	AltD (cm)	Rem (kg/ha)	AltR (cm)	DesP (kg/ha)	des (%)
N	3320 A	12,7 A	2507 A	10,9 A	795 A	23,8
N1	2401 B	8,4 B	1704 B	6,2 B	573 B	24,3

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

Existen diferencias significativas para las variables Disp ($p=0,0002$), AltD ($p=0,003$), Rem ($p=0,02$), AltR ($p=0,003$) y DesP ($p=0,08$) para el periodo total. No se encuentran diferencias estadísticamente significativas para la variable Des ($p=0,91$) en el total del periodo.

El forraje disponible es mayor para los tratamientos N como consecuencia directa de las mayores tasas de crecimiento para dichos tratamientos. Debido a que los tratamientos pertenecen a dos experimentos diferentes, existen 6 días más de descanso entre pastoreos para los tratamientos N que para los N1, lo cual contribuye a explicar que los Disp son mayores para los tratamientos N.

La OF manejada para N es muy superior a la OF para N1 (22% vs 8,5% respectivamente, tal cual se verá en el cuadro No. 19, por lo cual la intensidad de pastoreo determinaría mayor rechazo de forraje en los tratamientos N, explicando que los remanentes para los mismos sean superiores a los N1. Lo anterior coincide con Berretta et al. (1998b) cuando afirma que altas ofertas de forraje determinan remanentes altos ya que aumenta el rechazo de forraje por efecto de la selección animal sobre las plantas más tiernas y de mejor calidad, acumulándose en el tapiz hojas viejas o ya expandidas.

A pesar que en N se manejaron cargas sensiblemente inferiores a N1, el forraje desaparecido en los primeros es superior, y esto es consecuencia directa de que el forraje disponible es 38% mayor para los tratamientos N, lo cual puede determinar un mayor consumo (por mayor peso de bocado) o mayor desaparecido por pisoteo o senescencia.

4.2.4.2. Efecto de la estación

A continuación se presenta cómo incidió la estación sobre la producción total y tasa de crecimiento.

Cuadro No. 11. Efecto de la estación sobre la producción total (ProdT), y tasa de crecimiento (TC).

	ProdT (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
Ver	2442 A	42 A
Oto	1317 B	18 B

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

Se observan diferencias estadísticamente significativas tanto para ProdT (DMS=795) como para TC (DMS=15,5) a favor del verano.

De la misma forma que para el experimento 1, los resultados se explican porque las condiciones de radiación y temperatura son más favorables para las tasas de crecimiento en verano. El déficit hídrico que se dio en gran parte del otoño también debería estar operando, deprimiendo las TC para dicha estación.

A continuación se presenta cómo incidió la estación sobre el forraje disponible, altura del disponible, forraje remanente, altura del remanente y forraje desaparecido promedio expresado en kg/ha y % del disponible.

Cuadro No. 12. Efecto de la estación sobre el forraje disponible (Disp), altura del disponible (AltD), forraje remanente (Rem), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido como porcentaje del disponible (Des).

Est.	Disp (kg/ha)	AltD (cm)	Rem (kg/ha)	AltR (cm)	DesP (kg/ha)	Des (%)
Ver	3303 A	13 A	2221	11 A	873 A	25,4
Oto	2724 B	9 B	2257	8 B	568 B	22,4

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

Tanto el forraje disponible como la altura del mismo presentan diferencias estadísticamente significativas para efecto de la estación (DMS=363,7 y 1,6 respectivamente). Para el forraje remanente no se detectaron diferencias significativas aunque sí se observaron para la altura del mismo (DMS=1,4).

El comportamiento del forraje disponible y la altura del mismo, derivan directamente de las tasas de crecimiento para cada estación, sumado a que como ya se mencionó para el experimento 1, al inicio del periodo de evaluación los campos venían de un descanso de 30 días, lo que contribuye a comenzar en verano con disponibles mayores.

La explicación de que los kg de forraje remanente no varíen entre estaciones pero sí en altura promedio es la misma que para el experimento 1 y se basa en el mayor contenido de materia seca del forraje en otoño.

Se observan diferencias estadísticamente significativas para el forraje desaparecido promedio (DMS=190,63). Para la variable desaparecido promedio en porcentaje no se detectan diferencias significativas por efecto de la estación ($p=0,49$).

Estos resultados son similares a los que se dan para los desaparecidos en kg y en % para el experimento 1 en el periodo total, explicándose por los disponibles mayores para el periodo estival (Álvarez et al., 2013).

4.2.4.3. Efecto de la interacción estación por tratamiento

Los resultados que se presentan a continuación corresponden al efecto que tuvo la interacción estación por tratamiento sobre el forraje desaparecido en kg/ha y como % del disponible.

Cuadro No. 13. Efecto de la interacción estación por tratamiento sobre el forraje desaparecido promedio (DesP) y forraje desaparecido (Des) como porcentaje del disponible.

Est.	Trat	DesP (kg/ha)	Des (%)
Ver	60N	1276 A	34 A
Ver	120N	944 B	26,5 AB
Ver	60N1	493 C	17,5 ABC
Ver	120N1	305 C	14 BC
Oto	60N	596 C	22,3 ABC
Oto	120N	364 C	12,3 C
Oto	60N1	733 BC	30 AB
Oto	120N1	758 BC	35,5 A

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

Se encontró interacción estadísticamente significativa entre tratamiento y estación para las variables DesP (DMS= 404,4) y Des (DMS= 16,2).

La superioridad es producto de que la interacción 60N en verano combina disponibles altos con intensidades de pastoreo bajas (alta OF) coincidiendo con Álvarez et al. (2013) quienes encontraron que mayores % de desaparecido podrían relacionarse al mayor forraje presente y disponible, lo

cual determinó un mayor consumo por mayor peso de bocado, y por lo tanto mayor % de desaparecido, o mayor desaparecido por pisoteo del forraje.

4.3. PRODUCCIÓN SECUNDARIA

4.3.1. Análisis del periodo total para el experimento 1

4.3.1.1. Efecto del tratamiento

A continuación se resumen los efectos de los tratamientos sobre las variables que más se relacionan a la producción secundaria.

Cuadro No. 14. Efecto del tratamiento en la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal) para el periodo total.

	OF (%)	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	AltX (cm)	GMD (kg/animal/día)	Gtotal* (kg/ha)
CN	11,8 B	3733 A	931 A	10,4	-0,010	-1
CNM	12,6 B	3234 B	801 B	10,0	-0,003	15
60N	21,7 A	2450 C	547 C	11,6	0,130	60
120N	22,4 A	2349 C	539 C	11,9	0,060	51

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Resultaron diferentes significativamente las variables OF, CI y CT. Las DMS son 2,98, 462,8 y 118,7 respectivamente. No hubo diferencias significativas para las variables AltX ($p=0,33$) y GMD ($p=0,40$).

Como se explicó anteriormente en la materiales y métodos, un error metodológico en la determinación de la OF, resultó en diferencias significativas para esta variable, resultando en casi el doble de OF para los tratamientos con nitrógeno. A efectos del análisis de los resultados, esta variable repercute en las variables CI y CT al no haber diferencias en las variables de la pastura (ProdT, TC, Disp) anteriormente analizadas y al tratarse de una relación forraje/animal inversa a la presión de pastoreo (Allen et al., 2011). El tratamiento CN fue el que tuvo mayores CI y CT. Fue 15% superior al CNM a pesar de haberse mantenido a la misma oferta de forraje debido a que el primero tuvo una producción total de materia seca 28% superior al segundo que no fue significativa pero que puede haber afectado la capacidad de carga de ambos tratamientos. Los tratamientos 60N y 120N fueron los que tuvieron cargas más bajas dados por las altas ofertas de forraje. Las diferencias en ofertas y cargas

no tuvieron efectos en la variable AltX para el periodo total no presentando diferencias entre tratamientos.

Para el análisis de la producción animal propiamente dicho, a partir de las variables GMD y Gtotal, se debe decir que ésta es función en primer lugar de la cantidad y calidad del forraje consumido, y que éste es a su vez función de la cantidad y calidad de forraje producido (Heitschmidt et al., 1989). En cuanto a la cantidad de forraje consumido, no parece haber habido alguna restricción para el consumo cuando observamos que para todos los tratamientos las ofertas de forraje manejadas fueron desde óptimas a altas según la bibliografía.

De acuerdo con Maraschin (1998), con OF de 12 a 16% se pueden llegar a ganancias de 0,5 kg/animal/día teniendo en cuenta que el animal puede seleccionar su dieta expresando la calidad del forraje. Apoyando la idea de que no hubo restricción en la cantidad de forraje, Hodgson et al. (1971) afirman que las máximas ganancias de peso se obtienen con altos niveles de forraje remanente, diciendo que éstas aumentan hasta 2000-2500 kg/ha de MO de remanente, los cuales coinciden con los obtenidos en el periodo.

Por otro lado Maraschin et al. (1997) reportan que ofertas de forraje mayores a 16% deprimen la producción individual. Esto es coincidente con lo que observaron Gari et al.¹ quienes reportan una reducción en el tiempo de pastoreo efectivo por mayor tiempo de búsqueda de forraje verde debido a una pérdida de calidad por una excesiva acumulación de forraje. Esto pudo haber limitado las GMD de los tratamientos 60N y 120N ya que se manejaron con OF de 22%.¹

Conforme a que la producción animal también depende de la calidad del forraje consumido es necesario analizar cómo fue el forraje cosechado por dichos animales.

El siguiente cuadro resume los parámetros de calidad del forraje consumido por los animales. Estos datos fueron obtenidos por Gari et al.¹

¹ Gari, I. J.; Giloca, P.; Pérez, A. 2015. Com. personal.

Cuadro No. 15. Efecto del tratamiento en los parámetros de calidad del forraje cosechado, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (aFDNmo), fibra detergente ácido (FDAmo), lignina (Lig) y digestibilidad in vitro (DIVMS) para el periodo total.

	PC (%)	aFDNmo (%)	FDAmo (%)	Lig (%)	%DIVMS*
CN	7,7	71,19	36,48	7,51	61
CNM	7,8	71,68	36,88	8,15	60
60N	8,4	71,33	36,06	8,47	61
120N	9,0	70,34	36,28	9,06	61

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico.

No hubo diferencias significativas para las variables que determinan la calidad de la pastura PC ($p=0,57$), aFDNmo ($p=0,63$), FDAmo ($p=0,41$) y Lig ($p=0,55$).

Los resultados coinciden con Bemhaja y Olmos, citados por Zanoniani (2009), quienes afirman que si bien las fertilizaciones nitrogenadas aumenta producción de forraje, ésta no viene acompañada por una mejor calidad del forraje producido, argumentando que esto se debe a la promoción que ejerce la fertilización sobre las especies estivales que son dominantes en nuestros campos. También son coincidentes con Ayala y Carámbula (1994), quienes reportan que aplicaciones de N, P o K no afectan en general la digestibilidad del campo natural, aunque sí reportan una tendencia a favor de los tratamientos que incluyen N. Los autores marcan que el agregado de N aumenta los contenidos de PC, pero que estos aumentos se reflejan sobre todo en invierno y otoño y con agregados de N mayores a los estudiados en este experimento. Por último, coinciden en que no hay diferencias en la fibra detergente ácida.

Por lo expuesto anteriormente en cuanto a cantidad y calidad del forraje consumido, queda claro que es coherente que no se hayan detectado diferencias en producción individual pero no se explica el porqué de los bajas performances animal que se obtuvieron. De todas formas sí sabemos que el factor que está afectando la GMD no tiene que ver con la cantidad y sí con la calidad del forraje consumido.

Se estimó la GMD esperada a partir de tablas de Leborgne (1983), teniendo como datos el PV de los novillos, la digestibilidad de la pastura estimada a partir de la FDA con la ecuación $\%DIVMS = 88,9 - (\%FDA \cdot 0,779)$

propuesta por Ustarroz et al. (1997) y el consumo estimado a partir de la ecuación $\%PV = 120/FDN$.

Las estimaciones realizadas para la GMD dieron como resultado para el periodo verano-otoño -0,052, -0,078, -0,078, -0,078 kg/animal/día para CN, CNM, 60N y 120N respectivamente. Estos resultados son bastantes concordantes con los resultados obtenidos en el experimento por lo que la calidad de forraje consumido estaría limitando el consumo potencial que, sumado con los altos requerimientos de la raza Holando, estarían explicando el resultado obtenido.

En cuanto a la variable Gtotal, hubo un mejor resultado para los tratamientos 60N y 120N que viene de la mano de la producción individual de los animales en los distintos tratamientos ya que alcanzaron a ser al menos positivos. A pesar de esta tendencia a un mejor resultado, las producciones de PV por hectárea de estos tratamientos iba a ser menor a su potencial ya que las ofertas de forraje no se ajustaron correctamente. Según Maraschin (1998), la respuesta al forraje ofrecido es curvilínea, en la que para conciliar la GMD con la G/ha, el rango óptimo de utilización de la pastura se encuentra con OF entre 11,5 y 13,5% PV. Los tratamientos CN y CNM tuvieron GMD apenas negativas o casi nulas aún en las OF óptimas para producción de PV/ha.

4.3.2. Análisis del periodo estacional para el experimento 1

4.3.2.1. Efecto del tratamiento

A continuación se presentan los efectos de los tratamientos sobre las variables de producción animal desglosados por estación.

Cuadro No. 16. Efecto del tratamiento en la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal) para el periodo de verano.

	OF (%)	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	AltX (cm)	GMD (kg/animal/día)	Gtotal* (kg/ha)
CN	10,4 B	4639 A	1159 A	12,8	0,140	31,5
CNM	11,8 B	3711 B	919 B	12,1	0,350	68,6
60N	20,8 A	2707 C	547 C	13,3	0,410	64,2
120N	22,4 A	2537 C	539 C	13,4	0,350	54,8

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Para la estación de verano se dan las mismas diferencias entre tratamientos para las variables OF (DMS=5,2), CI (DMS=776,5) y CT (DMS=157,1). En este caso la diferencia de carga entre CN y CNM fue 26%. Además la variable AltX y GMD no presentaron diferencias entre tratamientos $p=0,74$ y $p=0,16$.

Cuadro No. 17. Efecto del tratamiento en la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal) para el periodo otoño.

	OF (%)	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	AltX (cm)	GMD (kg/animal/día)	Gtotal* (kg/ha)
CN	13,2 B	2827 A	704 A	8,0	-0,180 AB	-32,6
CNM	13,4 B	2756 A	684 A	7,9	-0,270 B	-53,6
60N	22,6 A	2194 B	547 B	10,0	-0,030 A	-4,2
120N	22,4 A	2162 B	539 B	10,5	-0,030 A	-4,2

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Para la estación de otoño se dan las mismas diferencias para OF (DMS=2,2). CI y CT presentan diferencias significativas entre tratamientos pero en esta estación CN no es superior a CNM (DMS=340,3 y 87.6 respectivamente). AltX no presenta diferencias significativas ($p=0,12$) aunque cuando se contrastan las medias de CN con las medias de los tratamientos nitrogenados, se encuentran diferencias significativas ($p=0,05$).

La GMD presentaron diferencias significativas para esta estación a diferencia del verano y periodo total (DMS=0,174).

Las diferencias en la GMD entre los tratamientos posiblemente se expliquen por factores no nutricionales ya que no hubo diferencias en calidad de la pastura en otoño para los distintos tratamientos. Forbes y Hodgson, citados por Amarante et al. (1995) dicen que el consumo de forraje es producto del peso de bocado, el número de bocados y el tiempo de pastoreo, siendo el peso de bocado el principal componente afectando el consumo tanto en pasturas templadas como en tropicales. Galli et al. (1996) coinciden con esto, afirmando que el peso de bocado es la variable que explica el mayor porcentaje de la variación en el consumo diario de forraje, mientras que la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo juegan un papel secundario. Agregan que el peso de bocado aumenta con la altura a través de la profundidad de bocado. Posiblemente los animales de los tratamientos CN y CNM hayan visto

restringido su consumo por su peso de bocado menor, el cual se relaciona a una menor altura de pastura que se evidencia con el contraste estadísticamente significativo. Coincidiendo con esto, Hodgson, citado por Carámbula (1997), señala que en el caso de los bovinos el consumo se restringe a alturas menores a 9 cm.

En el siguiente cuadro se comparan los parámetros de calidad para las dos estaciones estudiadas para entender mejor los distintos desempeños que se obtuvieron en verano y otoño.

Cuadro No. 18. Efecto de la estación en los parámetros de calidad del forraje, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (aFDNmo), fibra detergente ácido (FDAmo), lignina (Lig) y digestibilidad in vitro (DIVMS).

	PC (%)	aFDNmo (%)	FDAmo (%)	Lig (%)	%DIVMS*
Ver	10,3 A	69,6 B	35,9	10,3 A	61,0
Oto	7,2 B	71,9 A	36,7	7,3 B	60,3

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico.

Las variables PC (DMS=0,76), aFDNmo (DMS=1,01) y Lig (DMS=1,52) presentaron diferencias significativas entre estaciones. Por otro lado, FDAmo ($p=0,20$) no presentó diferencias significativas.

Se destacan de este cuadro las diferencias en PC, siendo 43% superior en verano respecto al otoño. Según De Souza (1985), el contenido de PC para el verano en campos sobre estos suelos es de $9,0 \pm 0,6$ y para el otoño $10,4 \pm 1,4\%$. Con referencia al balance hídrico, éste da como resultado un déficit hídrico de 50 mm para el periodo que va desde el 15 de marzo al 15 de abril, lo que puede estar explicando el bajo contenido de PC con respecto a valores normales para dichos campos en otoño. Esto, sumado a un menor %FDN podría estar explicando las diferencias en producción de PV entre las dos estaciones. El mayor contenido de lignina en verano puede estar asociado a que una mayor temperatura promueve una mayor lignificación de la pared celular (Parsi et al., 2001). Por último, no hay diferencias en digestibilidad ya que ésta depende de la FDAmo que no varía para las dos estaciones.

4.3.3. Análisis del periodo total para el experimento 2

4.3.3.1. Efecto del tratamiento

A continuación se compara el efecto de la historia de fertilización nitrogenada en la respuesta animal para el periodo total.

Cuadro No. 19. Efecto del tratamiento en el periodo total para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal)

	OF (%)	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	AltX (cm)	GMD (kg/animal/día)	Gtotal* (kg/ha)
N	22,1 A	2400	543 B	11,8 A	0,095 B	55
N1	8,9 B	2081	1041 A	7,3 B	0,450 A	187

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Las variables OF, CT, AltX y GMD presentaron diferencias significativas para el contraste de medias entre N y N1 ($p=0,0001$; $0,0004$; $0,0021$, $0,0003$).

Para el N1 se lograron las ofertas objetivo a diferencia de los N. No hubo diferencia en la CI ya que por más que se manejó el doble de PV en los N1, el área de la parcela de este tratamiento era el doble. Para CT las áreas totales de los tratamientos son iguales por lo que al manejarse el doble de PV en los N1 la CT es también el doble. La AltX mayor para los tratamientos N fue básicamente por las OF diferenciales asignadas.

Las GMD fueron mayores en los N1 a pesar de que la altura promedio de la pastura fue menor y, aunque pudo ser restrictiva para el consumo, la calidad del forraje consumido pudo ser determinante de esta diferencia. Si bien no se tienen datos de calidad para el tratamiento N1, se supone con base en la composición del forraje, que fueron mejores que los de N. Estos tratamientos presentaron diferencias significativas en el componente leguminosas (3,9% para N1 vs. 1,5% para N), gramíneas estivales ordinario-duras (3,6% para N1 vs. 7,8% para N) y una tendencia a favor en gramíneas tierno-finas (28,6% para N1 vs. 21,5 para N). Además, en los tratamientos N1 hay proporción significativamente menor de restos secos (5,8% para N1 vs. 13,7 para N). Estas diferencias en composición botánica, pueden haber determinado las diferencias en producción sumadas a un manejo de altura de pastura más bajo que determinó el consumo de hojas más jóvenes, consecuencia de menores OF y menor tiempo de descanso de la pastura (15 días vs. 20 días).

Para la GTotal, en los N1 se logra un mejor balance entre producción individual y producción por hectárea donde se logró el ajuste de la OF objetivo.

4.3.4. Análisis por estación para el experimento 2

Se compara a continuación el efecto de la historia de fertilización nitrogenada en la respuesta animal para cada estación de estudio.

Cuadro No. 20. Efecto del tratamiento en el periodo verano para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal).

	OF (%)	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	AltX (cm)	GMD (kg/animal/día)	Gtotal* (kg/ha)
N	21,6 A	2622	543 B	13,3 A	0,380 B	59,5
N1	8,3 B	2003	1002 A	9,8 B	0,980 A	176,6

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Se reportan las mismas diferencias que para el periodo total ($p=0,0090$, $p=0,0001$, $p=0,0892$ y $p=0,0004$ para OF, CT, AltX y GMD respectivamente).

Se destaca para el periodo verano la ganancia individual y ganancia por hectárea de los N1. La diferencia en esta estación para la variable GMD es la que determina las diferencias en el periodo total. Como se dijo anteriormente para el periodo total, un cambio en la composición botánica puede haber incidido en la calidad del forraje cosechado así como también el hecho de que los animales siempre cosecharon los rebrotes de mejor calidad por el manejo de la altura y la OF.

Estos resultados son coincidentes con Boggiano (1998) que trabajando con distintos niveles de fertilización nitrogenada en un experimento que se repitió durante seis años, obtuvo ganancias de 3,06 kg/ha/día de PV durante 210 días con cargas de 885 kg/ha de PV y con 100 kg/ha de N. En el presente estudio se obtuvieron ganancias de 3,53 kg/ha/día durante 50 días con cargas de 1002 kg/ha de PV.

Cuadro No. 21. Efecto del tratamiento en el periodo otoño para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), altura promedio de la pastura (AltX), ganancia media diaria (GMD) y ganancia total (Gtotal).

	OF (%)	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	AltX (cm)	GMD (kg/animal/día)	Gtotal* (kg/ha)
N	22,5 A	2245	543 B	10,3 A	-0,030 B	-4,2
N1	9,4 B	2092	1079 A	4,84 B	0,045 A	10,5

Medias letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Para el otoño también se reportan diferencias para las mismas variables, OF ($p=0,0012$), CT ($p<0,0001$), AltX ($p=0,0004$) y GMD ($p=0,036$).

Para la estación de otoño se reducen las diferencias entre tratamientos aunque aún se mantiene una diferencia significativa a favor de los N1. Se destaca la baja altura promedio de la pastura, lo cual podría estar restringiendo el consumo a través del peso de bocado. A pesar de esto, la GMD para N1 fue superior indicando que la calidad del forraje consumido fue superior al de N.

4.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Interesa conocer los cambios experimentados en composición botánica que pueden ser adjudicados a la introducción de leguminosas y fertilización fosfatada, así como a las diferentes dosis de fertilización nitrogenada aplicadas.

Se presentan datos de composición para los tratamientos que han estado bajo esquema de fertilización nitrogenada por distintos periodos de tiempo, de manera de intentar visualizar cambios que el agregado de nitrógeno tiene sobre los distintos grupos funcionales en el largo plazo.

4.4.1. Análisis del periodo total para el experimento 1

4.4.1.1. Efecto del tratamiento

Se presentan a continuación las principales variables de composición botánica disponible medidas para los diferentes tratamientos.

Cuadro No. 22. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno–finas (GETF), gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento.

	MSTD (kg/ha)	MSVD (%)	Pnot (%)	GETF (%)	GEOD (%)	GI (%)	Leg (%)	Hier (%)	RS (%)
CN	2804	88,9	28,4 A	24,6	11,6	21,4	0,7	2,1	11,1
CNM	2665	86,8	31,5 A	20,8	7,3	23,8	1,9	1,6	13,2
60N	3071	87,1	26,6 AB	22,0	7,2	26,5	2,1	2,6	12,9
120N	3067	85,6	23,0 B	21,1	8,3	29,4	0,9	2,9	14,4

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

A partir del cuadro anterior se puede constatar que no existen diferencias significativas para la mayoría de dichas variables analizadas, registrándose diferencias entre tratamientos únicamente para la variable Pnot (DMS=5,16).

Los tratamientos con fertilización nitrogenada presentaron menores participaciones de *Paspalum notatum*, lo cual estaría mayormente explicado por los niveles de OF que se manejaron en estos tratamientos, las cuales fueron marcadamente superiores respecto de los restantes dos tratamientos (22,1% de OF para el promedio de los tratamientos recibiendo nitrógeno contra 12,2% para el promedio de CN y CNM).

Si bien se han reportado respuestas de dicha especie a aplicaciones de N, P y K a través de una mayor participación al recubrimiento del suelo (Ball et al., citados por Pizarro, 2000), el *Paspalum notatum* es una especie estolonífera que prospera en tapices manejados con bajas alturas del tapiz. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Pizzio y Pallarés (1994) que trabajando con distintas cargas obtuvieron que la contribución en peso seco de *P. notatum* aumentó con el aumento de carga (dentro del rango probado de 0,83 a 1,48 vaq/ha/año).

Los aportes en MS realizados por las gramíneas estivales de tipo productivo tierno y fino, representados en gran medida por *Axonopus affinis*, *Coelorhachis selloana*, *Paspalum dilatatum* y *Setaria geniculata*, sumados a los ya mencionados aportes realizados por *Paspalum notatum* (especie que también es de tipo productivo tierno), determinan un valor del entorno del 50% para todos los tratamientos.

Para las gramíneas estivales de tipo ordinario–duro, como *Paspalum quadrifarium*, *Paspalum plicatulum*, *Bouteloua megapotamica*, *Cynodon dactylon*, *Sporobolus indicus*, si bien no presentaron diferencias en cuanto al aporte de MS realizado dentro de los diferentes tratamientos, se encontraron valores algo menores para aquellos tratamientos con algún tipo de intervención, lo que podría estar relacionado con el hecho de que parte de las especies de este grupo son buenas competidoras en ambientes con bajos niveles de recursos, y al modificarse dichos niveles se determinaría una pérdida relativa en su capacidad de competencia frente a otras especies más favorecidas por estos cambios (Berretta et al., 1998b).

A partir del cuadro No. 22 se puede constatar la buena proporción de especies invernales, independientemente del tratamiento que se considere, con un promedio general de 25% de contribución. Estos resultados están acordes con información reportada por Boggiano (2003), quien informa que para estos campos una producción invernal cercana al 20% del total producido, con predominio de especies invernales de tipo productivo tierno y fino como *Bromus auleticus*, *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides* y *Piptochaetium bicolor*, especies constatadas al realizar el relevamiento de vegetación y que se hacen más dominantes en la medida que el suelo presenta mejor drenaje interno y mayor fertilidad natural (Boggiano, citado por Boggiano, 2003).

Los altos aportes realizados por buenas gramíneas invernales avalarían la recomendación realizada por Berretta (2005) de fertilizar con N y P campos que posean especies invernales perennes de tipos productivos tierno–fino en una frecuencia relativa superior al 20%, frecuencia que se estima es superada para los campos donde se realizó el presente estudio. En estos casos la fertilización se constituye en una herramienta segura para la mejora de la producción en cuanto a calidad y estacionalidad, sin acentuar la ya conocida estacionalidad de la producción en favor de las estaciones cálidas.

Cuadro No. 23. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los disponibles promedio según tratamiento.

	cobSD (%)	cobMCS (%)	cobEh (%)
CN	2,1	3,0	3,4 A
CNM	1,7	2,5	2,5 B
60N	1,7	2,3	2,4 B
120N	1,9	1,6	2,2 B

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias

significativas ($p < 0,10$).

Como se observa en el cuadro anterior, se registraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable cobEh (DMS=1,25), siendo el CN el tratamiento que cuenta con mayor cobertura de esta maleza de campo sucio. La variable cobSD no arrojó diferencias entre tratamientos ($p=0,93$), y si bien tampoco se encontraron diferencias significativas para cobMCS, hay una tendencia a encontrar mayores valores de estas variables para CN ($p=0,13$). Esa tendencia se verifica a través de la significancia ($p=0,04$) que arroja el contraste realizado entre el tratamiento testigo por un lado y los tratamientos nitrogenados por otro, determinando diferencias significativas entre los valores reportados de 3,0% de cobertura para CN y 1,9% para el promedio de los tratamientos 60N y 120N.

A partir del cuadro anterior puede observarse que la cardilla (*Eryngium horridum*) es la maleza de campo sucio de mayor importancia teniendo en cuenta los valores de cobertura que presenta, los cuales son iguales o superiores a la fracción representada por todas las demás especies de malezas relevadas en los diferentes tratamientos, dentro de las cuales se pueden mencionar a *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Solanum sisymbriifolium*, *Senecio grisebachii*. Este comportamiento no se debe a que se registrara un número superior de cardillas frente a las demás malezas, sino a que debido a que su hábito de crecimiento subarborescente determina coberturas muy importantes por cada planta, alcanzando diámetros de más de 40 cm (Lallana, 2007).

Pese a lo anterior debe mencionarse que los valores de cobertura encontrados para *E. horridum* no son demasiado elevados, considerando que relevamientos llevados a cabo en Entre Ríos arrojaron valores de cobertura de 29 a 41% (Sabattini et al., citados por Lallana, 2007), pudiendo ocasionar reducciones hasta del 80% del área pastoreable en campo natural (Carámbula et al., 1995).

Los bajos valores que presenta esta especie pueden estar en parte influenciados por el manejo del pastoreo impuesto, ya que se ha demostrado que con la utilización de pastoreos rotativos de alta carga instantánea se logran estructuras más uniformes del tapiz por una disminución de la selectividad animal, colocando a las especies presentes en el tapiz en condiciones más igualitarias de competencia (Boggiano et al., 2005).

4.4.1.2. Efecto de la estación

Cuadro No. 24. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno–finas (GETF), gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según estación.

	MSTD (kg/ha)	MSVD (%)	Leg (%)	Pnot (%)	GETF (%)	GEOD (%)	GI (%)	Hier (%)	RS (%)
V	3124 A	93,5 A	1,21	29,7 A	24,7 A	9,6 A	25,7	2,5	6,5 B
O	2680 B	80,7 B	1,56	25,1 B	19,5 B	7,6 B	24,5	2,1	19,3 A

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

Al analizar estacionalmente la disponibilidad de forraje se pueden apreciar diferencias estadísticamente significativas para las variables MSTD (DMS=311,6) y MSVD, siendo la disponibilidad de forraje mayor para la estación estival independientemente de que se considere el total de MS o la fracción verde.

Teniendo en cuenta que la disponibilidad de forraje de la pastura se construye a partir del forraje remanente más el forraje producido durante el periodo de descanso (Álvarez et al., 2013), las mayores disponibilidades de forraje detectadas durante la estación estival se explican por las mayores tasas de crecimiento de los campos para este periodo, las cuales resultaron sensiblemente superiores a las otoñales (44,4 kg/ha/día de MS contra 19,2 kg/ha/día de MS), ya que como se reportó anteriormente los remanentes promedio no presentaron diferencias significativas entre estaciones (2390 kg/ha de MS y 2312 kg/ha de MS para verano y otoño respectivamente).

El aporte de las gramíneas estivales fue significativamente superior en la estación estival para las tres fracciones analizadas (Pnot, GETF y GEOD, con una DMS de 3,7; 2,8 y 1,7 kg/ha de MS respectivamente). No se registraron diferencias entre estaciones para las fracciones Leg ($p=0,249$), GI ($p=0,62$) y Hier ($p=0,33$), en tanto que el otoño registró mayor cantidad de restos secos que el verano (DMS=5,0).

El comportamiento reportado para la fracción gramínea está asociado con aspectos fenológicos de especies estivales, cuyo ciclo presenta un periodo de intensa actividad desde el rebrote primaveral, el cual se mantiene durante la estación cálida, finalizando su ciclo productivo hacia la estación otoñal,

coincidente con el acortamiento de los días (*Paspalum notatum*) o los fríos y heladas, entrando en diversos grados de reposo invernal (Rosengurtt, 1979). Puede entonces asociarse a esto el aumento en la participación de restos secos en la oferta de forraje, que pasa a constituir uno de los principales componentes de la misma durante el periodo otoñal, siendo que en la anterior estación tenía una reducida participación. Cabe destacar que las OF con que se trabajó, asociadas a los altos disponibles iniciales resultado de un periodo de descanso previo al inicio del experimento que posibilitó esa acumulación de forraje, determinan que se llegue a la estación otoñal con forraje diferido desde la estación cálida, ayudando a explicar el considerable aumento en la participación de los restos secos, no por mayor producción sino que por mayor envejecimiento de hojas y rechazo por parte de los animales al seleccionar su dieta. Por su parte el déficit hídrico registrado en el periodo otoñal contribuye al incremento de restos secos.

Cuadro No. 25. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los disponibles promedio según estación.

	cobSD	cobMCS	CobEh
V	1,4 B	2,3	3,5 A
O	2,3 A	2,4	1,8 B

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

La variable cobMCS fue la única de las tres variables analizadas que no presentó diferencias estadísticamente significativas entre estaciones ($p=0,91$); la cobSD fue significativamente mayor en el otoño (DMS=0,715) en tanto que la cobEh fue mayor en el verano (DMS=0,652).

Una mayor participación del suelo descubierto durante la estación otoñal pudo deberse a que si bien se manejaron ofertas de forraje estacionales que no difirieron estadísticamente entre sí, el forraje disponible para los animales fue diferente en cuanto a su distribución vertical, registrándose para la estación otoñal una mayor concentración de MS por cada centímetro de altura (reflejado por menores alturas promedio), determinando una intensidad en el uso mayor dentro de los horizontes pastoreables por los animales. Esto estaría en línea con antecedentes que explican que mayores presiones de pastoreo se reflejan en cambios en los hábitos de vida y ecotipos, así como también mayores proporciones de suelo desnudo (César, Fuls, Jonkeu, Zhu, citados por Olmos, 1992).

Por su parte, *Eryngium horridum* está catalogada como una especie de ciclo productivo indefinido (Rosengurt, 1979), debido a que el mismo depende de las influencias de las condiciones climáticas de cada año, siendo sus poblaciones inestables y de incidencia variable, con buena dependencia del manejo del pastoreo (Carámbula et al., 1995). Las condiciones particulares de la primavera previa al experimento en conjunto con las del verano determinaron que al momento de inicio de las mediciones se constatará un avanzado desarrollo en el ciclo de la especie, con rosetas de gran tamaño. A ese mayor desarrollo de plantas se le suma el hecho de que durante la estación estival aún se contaba con parcelas en las cuales no se había efectuado el corte con rotativa, corte que si bien se dirigía al control de espinillos, *Gleditsia triacanthos* y algarrobos, presentaba un efecto de reducción en el corto plazo de la cobertura de dicha maleza. A largo plazo se esperaría un aumento de la cobertura por un efecto positivo que los cortes tardíos de primavera y verano presentan sobre el rebrote de yemas laterales desde el rizoma (Carámbula et al., 1995). Lo anterior determinó que la cobertura por *Eryngium horridum* sea significativamente superior durante la estación cálida respecto del otoño.

El gráfico que se presenta a continuación muestra cómo fue la evolución de la contribución de las gramíneas estivales dentro de los diferentes ciclos de pastoreo.

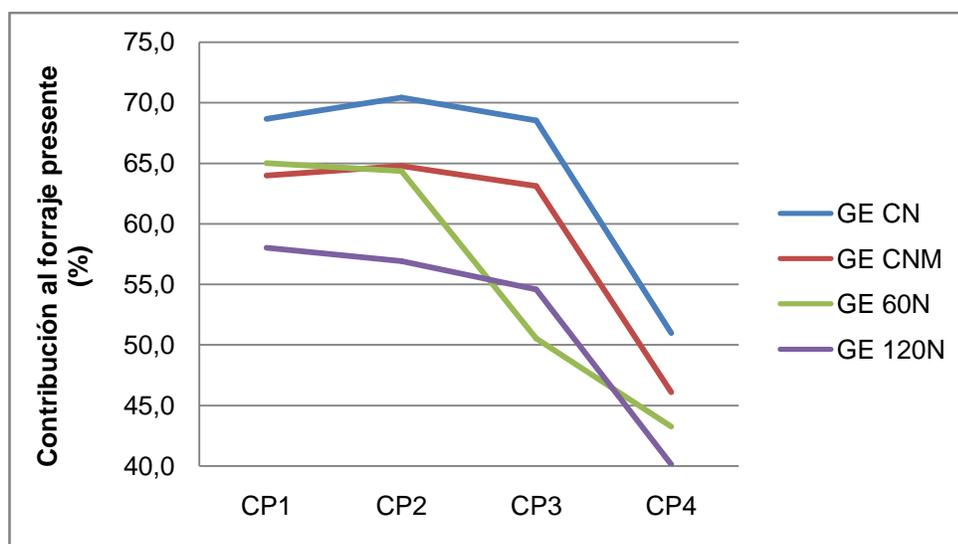


Figura No. 5. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas estivales (GE) para cada tratamiento a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

En el gráfico se puede visualizar la evolución de los aportes que realizan las gramíneas estivales al forraje presente, valores representados por las fracciones *Paspalum notatum*, gramíneas estivales tierno-finas y gramíneas estivales ordinario–duras.

Puede verse un patrón de comportamiento similar para los cuatro tratamientos, un nivel de contribución que se mantiene relativamente estable durante los tres primeros ciclos de pastoreo (hasta el segundo ciclo para el caso de 60N), registrándose luego una caída en los valores de aporte de MS. Este comportamiento está determinado por el ciclo productivo de las especies consideradas; luego del rebrote primaveral se da un periodo de activo crecimiento de dichas especies durante el verano, registrándose el fin del periodo reproductivo hacia fines de verano, principios de otoño para la mayoría de estas especies, que determina que las mayores contribuciones de MS se den durante el verano (CP1 y CP2), disminuyendo las mismas hacia la estación otoñal (CP3 y CP4).

Si bien existe un comportamiento similar para todos los tratamientos, el CN presenta los mayores valores de contribución en MS de especies de ciclo C4, seguido por CNM, 60N y 120N. Esto está acorde con los fundamentos de los mejoramientos extensivos y la fertilización de campos nativos: aumentar la producción de MS mejorando la calidad y distribución de la misma (Pallarés y Pizzio, 1998), lo cual implica una promoción directa o indirecta de las especies nativas de ciclo C3, con el objetivo de levantar la seria restricción que supone la estación invernal.

Debe notarse que el comportamiento de los tratamientos recibiendo fertilización nitrógeno-fosfatada aún no se ha definido, lo cual queda de manifiesto en la evolución que presentan las gramíneas C4 en el tratamiento 60N.

A partir del gráfico también puede concluirse que no se registró un efecto residual del nitrógeno aplicado durante la primavera que se manifieste a través de un mayor aporte de las especies estivales dentro de los tratamientos fertilizados con este nutriente.

En la figura No. 6 se presenta la evolución de la contribución que las gramíneas invernales realizan al forraje disponible, a través de los distintos ciclos de pastoreo.

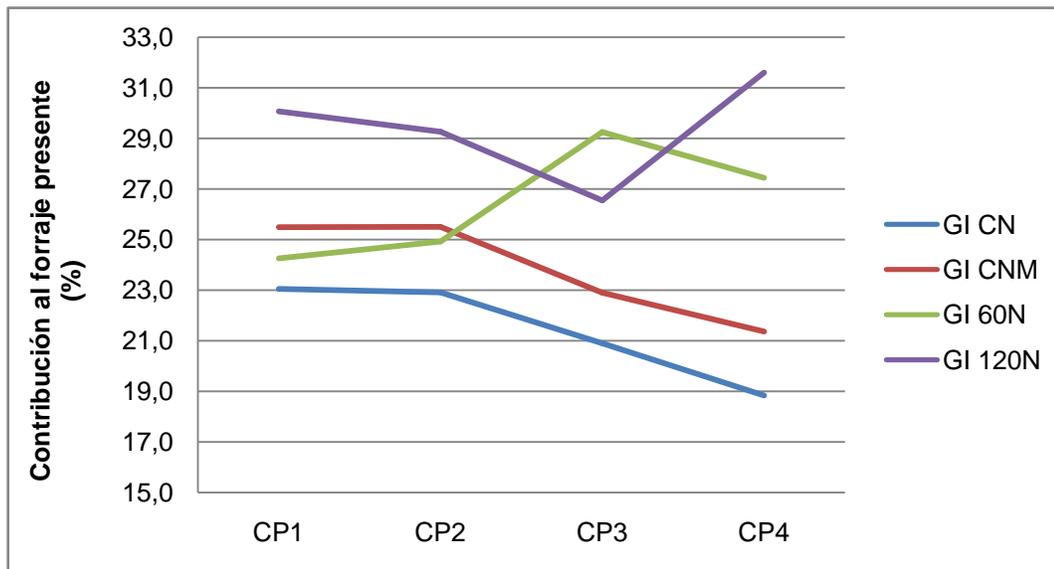


Figura No. 6. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas invernales (GI) para cada tratamiento a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

A partir de la figura No. 6 se pueden notar dos patrones diferentes en la contribución que las especies de ciclo C3 realizan al disponible: una relativa estabilidad durante los dos primeros ciclos de pastoreo (coincidentes con el verano), y una tendencia a mayores contribuciones al avanzar la estación otoñal en tratamientos con nitrógeno, en tanto que para CN y CNM esa tendencia es a la baja. Estas diferencias registradas están en línea con resultados obtenidos por Boggiano et al. (2005) quienes reportan que fertilizaciones desde finales de otoño hasta principios de primavera promueven una mayor contribución de las especies invernales. El efecto de la fertilización de primavera se estaría expresando a través de un mayor rebrote de especies invernales, posiblemente debido a plantas de mayor vigor, con un sistema radicular mayor y a la germinación de nuevas plántulas resultado de una mayor semillazón producto del manejo conjunto de la fertilización y el pastoreo (Berretta et al., 1998b).

A partir de los valores presentados se procedió a realizar la relación entre especies invernales y estivales, de manera de tener un valor orientativo del peso relativo de cada una de las fracciones gramíneas y las posibles variaciones de dicha relación para los diferentes tratamientos. Debe destacarse que las relaciones obtenidas están en términos de kg MS de invernales/kg MS de estivales, relaciones sesgadas hacia las especies estivales cuyo ciclo productivo se ve favorecido por las condiciones climáticas del periodo bajo análisis.

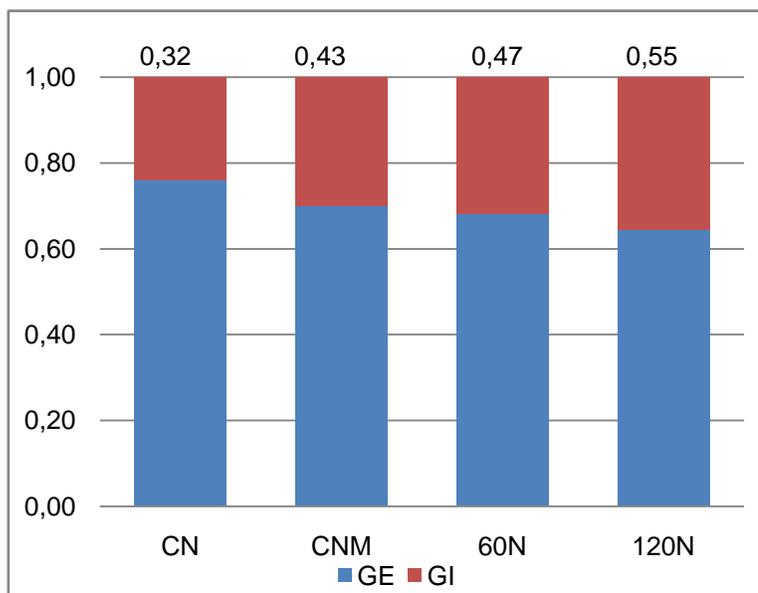


Figura No. 7. Aporte relativo de gramíneas estivales (GE) e invernales (GI) al total producido por la fracción gramínea y relación kg MS invernales/kg MS estivales.

Queda de manifiesto un mejor balance entre los kilos aportados por cada grupo de especies para los tratamientos recibiendo fertilización nitrogenada, y mejorados a través de la introducción de especies leguminosas y fertilización fosfatada. Los resultados son acordes con los reportados por Zanoniani (2009) quien encontró que la contribución de las gramíneas invernales aumentó con el agregado de N hasta llegar a dosis del entorno de los 180 kg/ha/año de N, luego de las cuales descendió marcadamente.

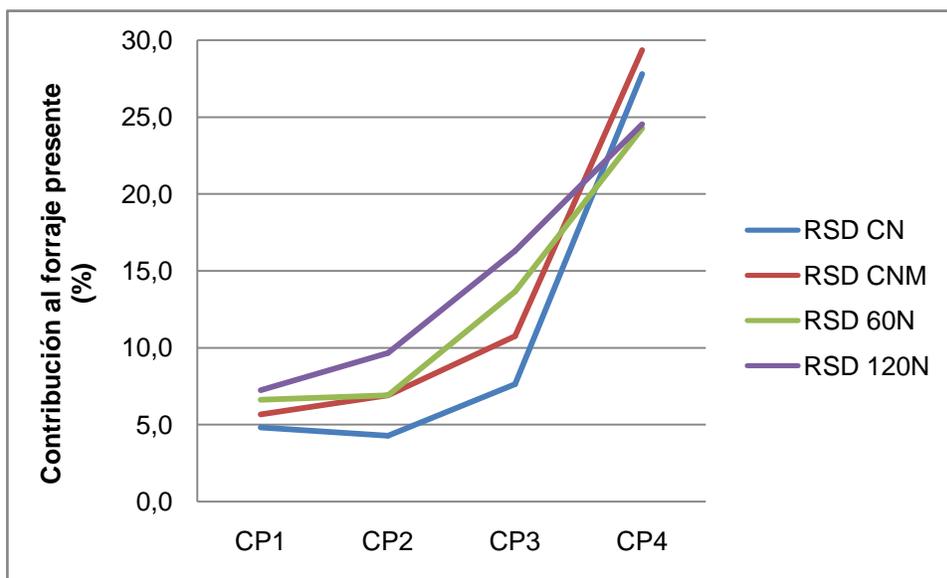


Figura No. 8. Evolución de la contribución de los restos secos disponibles (RSD), en % a la materia seca presente para cada tratamiento a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

A través de la figura anterior puede verse un mismo patrón seguido por la contribución de los restos secos al forraje presente, la cual inicialmente representa un 5–8%, con un incremento constante durante el periodo experimental, finalizando en valores de 24 a 28%. Este aumento está asociado fundamentalmente a las condiciones secas del otoño, así como al fin del ciclo productivo de las especies estivales.

Los tratamientos que fueron manejados a una OF significativamente superior (60N y 120N) presentaron una tendencia de mayor participación de restos secos durante la casi totalidad del periodo analizado, a excepción del periodo de otoño avanzado.

4.4.2. Análisis del periodo total para el experimento 2

4.4.2.1. Efecto del tratamiento

Si bien el manejo del pastoreo para ambos casos fue rotativo, los tiempos de ocupación y de descanso de las parcelas fueron distintos para los casos de 60N1 y 120N1, consecuencia de presentar dos repeticiones para cada tratamiento y no cuatro como en 60N y 120N, lo cual determinó tiempos de ocupación de 15 días en N1 y 7 días en N, con tiempos de descanso de 15 y 21 días para N1 y N respectivamente. El efecto de distintos tiempos de descanso

sobre la comunidad vegetal fue evaluada por Boggiano et al. (2005) y puede decirse que con el aumento del tiempo entre dos pastoreos tienden a aumentar las especies estivales de porte erecto, así como también las invernales, en tanto que se constatan reducciones de gramíneas estivales postradas.

En los tratamientos N1 se lograron las ofertas objetivo, en tanto que son sensiblemente superiores para los tratamientos 60N y 120N, lo que determina que los tratamientos presenten niveles de OF diferentes.

Cuadro No. 26. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno-finas (GETF), gramíneas estivales ordinario-duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento e historia de fertilización.

	MSTD (kg/ha)	MSV D (%)	Leg (%)	Pnot (%)	GETF (%)	GEOD (%)	GI (%)	Hier (%)	RS (%)
60N	3071 A	87,1	2,1 AB	26,6	22,0	7,2 AB	26,5	2,6 C	12,9
120N	3067 A	85,6	0,9 B	22,9	21,1	8,3 A	29,4	2,9 C	14,4
60N1	2213 B	93,5	3,6 A	27,7	30,4	4,3 BC	20,6	7,1 B	6,6
120N1	1775 C	94,9	4,1 A	28,6	26,8	2,8 C	20,8	11,7 A	5,1

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

La disponibilidad de materia seca presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo mayor para aquellos con una historia de fertilización nitrogenada reciente (60N y 120N), en tanto que los tratamientos que cuentan con más años de fertilización presentaron menores disponibilidades de forraje, siendo el tratamiento 120N1 el que presentó los menores valores de forraje disponible (DMS=358,6 kg/ha de MS).

Las menores disponibilidades registradas para los tratamientos que vienen siendo fertilizados desde hace más tiempo se deben a que, por un lado los remanentes fueron significativamente menores (1704 kg/ha de MS promedio contra 2507 kg/ha de MS) y por otro debido a que presentaron menores tasas de crecimiento respecto a los tratamientos 60N y 120N (19,2 kg/ha de MS promedio N1 contra 35,5 kg/ha de MS promedio N).

Si bien la variable MSVD no presentó diferencias significativas entre los tratamientos probados, al realizar el contraste entre los tratamientos N y N1 sí se encuentran diferencias ($p = 0,02$), con mayores valores de MSVD respecto del total para los N1 (94,2 contra 86,4% para cada caso).

La variable Leg reportó diferencias entre tratamientos (DMS=2,26), presentando los mayores valores los tratamientos 60N1 y 120N1, no siendo significativamente diferente el tratamiento 60N.

El significativo aumento de leguminosas en los tratamientos que cuentan con mayor historia de fertilización responden a que las aplicaciones anuales de fósforo pueden permitir una acumulación de fertilidad por elevación de los niveles de fósforo en el suelo (Simposio de Forrageiras e Producao Animal, 2006). Ese aumento en los niveles de fósforo determinó un aumento en la participación de leguminosas nativas, resultado de sobrepasar los niveles críticos para el adecuado desarrollo de las mismas. En este sentido, Larratea y Soutto (2013) reportan niveles 14 ppm de P para los primeros 2,5 cm de suelo y 11 ppm de P hasta los 15 cm de suelo, niveles de P que resultan bastante superiores a los niveles promedio de los suelos inalterados de la región (3 a 6 ppm aproximadamente).

En general son necesarios algunos años para que se evidencien los efectos de las fertilizaciones sobre campo natural, especialmente en lo que refiere a aplicación de fósforo y a la modificación en la composición botánica (Simposio de Forrageiras e Produtividade Animal, 2006), lo cual estaría explicando los menores niveles que se registran en los tratamientos que vienen siendo fertilizados desde la primavera anterior.

Los resultados están en sintonía con los de Gomes et al. (1998) quienes reportaron un importante incremento en la frecuencia de leguminosas nativas, especialmente *Desmodium incanum*, cuando las fertilizaciones con N son acompañadas con periodos de descanso en invierno y primavera o verano.

La contribución de las gramíneas estivales ordinario–duras presentó diferencias estadísticas entre tratamientos (DMS=3,11%) mostrando un gradiente desde 60N hasta 120N1, lo cual sería coincidente con Berretta et al. (1998b) que asociaron las menores contribuciones de esta fracción en tratamientos recibiendo fertilización con N y P con el aumento registrado en la frecuencia de pastos tiernos y finos, lo cual también se aprecia en el cuadro.

En cuanto a las hierbas, también se reportaron diferencias significativas (DMS=2,63), siendo los tratamientos que cuentan con una mayor historia de fertilización los que presentan los mayores valores; el tratamiento recibiendo 120 kg/ha/año de N presenta mayores contribuciones de hierbas respecto de aquel recibiendo 60 kg/ha/año de N. Estos resultados son coincidentes con los encontrados por Rodríguez Palma et al. (2008b), los cuales indican para el promedio de 6 años de trabajo un aumento del 38% de la fracción representada

por las malezas enanas y las leguminosas en tratamientos recibiendo fertilización nitrogenada.

La mayor participación de este grupo en los tratamientos en que se manejaron menores alturas del tapiz, puede asociarse a que dicha condición determina que prosperen en mayor medida las hierbas enanas y menores que son especies de bajo porte (Berretta et al., 1998b).

Carduus nutans y *Carduus acanthoides* pueden determinar infestaciones con perjuicios económicos asociados a suelos fértiles y con caliza, en tanto que sobre suelos de baja fertilidad ninguna de dichas especies llegan a representar niveles serios de infestación (Batra, citado por Desrochers et al., 1988). Los aumentos de fertilidad que se vienen dando gradualmente en los tratamientos N1 pueden haber determinado un aumento en la participación de los cardos al forraje disponible.

Los resultados encontrados están en línea con los encontrados por Cardozo et al. (2008), los cuales a tres años de la última fertilización arrojan una mayor contribución de especies anuales, sobre todo en aquellos tratamientos con dosis de N mayores. Esto indicaría una degradación de la pastura y desestabilización de las comunidades naturales al existir sustitución de especies perennes por anuales.

Si bien el análisis de la varianza no arrojó diferencias para los aportes realizados por las gramíneas invernales, al llevar a cabo el contraste entre grupos de tratamientos sí se detectan diferencias significativas ($p=0,09$), estando los mayores aportes asociados a los tratamientos 60N y 120N en relación a 60N1 y 120N1 (27,9% y 20,7% respectivamente). Si bien estos resultados a priori van en contra con los reportados en la revisión bibliográfica, donde se mencionan mayores participaciones de especies invernales en respuesta a la fertilización nitrógeno-fosfatada, están en línea con lo reportado por Larratea y Soutto (2013), quienes encontraron que cada grupo de especies produce más dentro del periodo de crecimiento más activo de la especie: fines de primavera y verano para las estivales, e invierno y primavera temprano para las invernales.

Cuadro No. 27. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los disponibles promedio según tratamiento e historia de fertilización.

	cobSD (%)	cobMCS (%)	cobEh (%)
60N	1,7	2,3	2,4
120N	1,9	1,6	2,2
60N1	2,2	0,8	2,4
120N1	2,4	0,7	2,9

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

No se registraron diferencias significativas para las diferentes variables asociadas a cobertura ($p = 0,80$; 0,44 y 0,86 para cada caso).

Debe destacarse que los valores de cobertura de malezas de campo sucio en general fueron bajos para todos los tratamientos, lo que llevaría a decir que la fertilización con N y P en el mediano-largo plazo acompañada con un manejo de pastoreo rotativo con altas cargas instantáneas, permitiría mantener a este grupo de especies dentro de valores de cobertura del suelo aceptables. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Berretta et al. (1998b) quienes estudiaron los efectos de la fertilización con N y P en basalto, y concluyeron que las malezas de campo sucio no aumentaron con la fertilización.

4.4.2.2. Efecto de la estación

Cuadro No. 28. Materia seca total disponible en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno-finas (GETF), gramíneas estivales ordinario-duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) para los tratamientos nitrogenados según estación.

	MSTD (kg/ha)	MSVD (%)	Leg (%)	Pnot (%)	GETF (%)	GEOD (%)	GI (%)	Hier (%)	RS (%)
V	2778	94,3 A	1,7 B	28,2 A	26,7 A	7,1	25,1	5,4	5,8 B
O	2643	83,7 B	2,9 A	23,6 B	21,1 B	5,6	25,9	4,6	16,3 A

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

Del cuadro anterior se desprende que no existen diferencias estadísticamente significativas para las variables MSTD, GEOD, GI y Hier

($p=0,40$; $0,17$; $0,64$ y $0,12$ respectivamente), en tanto que MSVD, Leg, Pnot, GETF y RS sí presentan diferencias debidas a la estación (DMS= $7,04$; $0,82$; $4,51$; $1,90$ y $7,04\%$).

La contribución realizada por la fracción verde es resultado de descontar de la materia seca total el aporte realizado por los restos secos, por lo cual las diferencias reportadas para dicha variable son consecuencia directa del aumento que se registró en la contribución que los restos secos realizan durante la estación otoñal. Este aumento está en parte explicado por el fin del periodo reproductivo de las especies estivales que pasan a contribuir en mayor medida a la fracción restos secos, pero fundamentalmente por el déficit hídrico registrado durante los meses otoñales.

Las diferencias registradas para las leguminosas nativas se asocian con el rebrote de especies invernales como *Medicago lupulina*, así como también por un rebrote de *Desmodium incanum*, que si bien es una especie de ciclo productivo estival en las cuales el rebrote otoñal es menos importante que el registrado en la primavera, al ser la especie leguminosa predominante repercute en buena medida a ese aumento.

Cuadro No. 29. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los disponibles promedio de tratamientos nitrogenados según estación.

	cobSD (%)	cobMCS (%)	cobEh (%)
V	1,7	1,5	2,7
O	2,2	1,6	2,1

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p<0,10$).

A partir del cuadro No. 29 se desprende que no existen diferencias significativas para las variables cobSD, cobMCS y cobEh entre estaciones, pese a lo cual sí existe una tendencia a mayores coberturas de suelo desnudo durante el otoño y mayores coberturas de cardilla durante el verano ($p=0,13$; $0,77$; $0,12$).

En la figura No. 9 se puede observar la evolución en los aportes que las gramíneas estivales realizan al forraje presente en los distintos tratamientos a través de los diferentes ciclos de pastoreo.

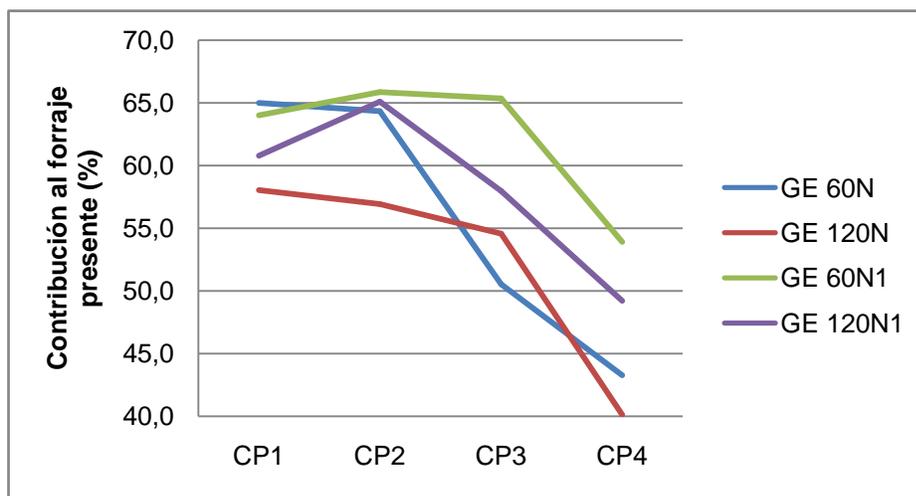


Figura No. 9. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas estivales (GE) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

A partir del gráfico anterior puede apreciarse el mismo comportamiento reportado en la figura No. 5, el cual fue relacionado con el ciclo productivo de las especies de ciclo primavera-verano-otoño: un periodo de relativa estabilidad en la contribución durante el verano (CP1 y CP2), con una caída en la misma al ir avanzando la estación otoño. Para los tratamientos 60N1 y 120N1 se registró hasta fines de verano un cierto incremento en la contribución que esta fracción realiza al forraje presente, lo que podría asociarse a las OF contrastantes que se manejaron entre grupos de tratamientos. Las menores OF en N1, en conjunto con una mayor historia de fertilización determinaron condiciones más favorables para el crecimiento, explotando los efectos benéficos de la fertilización nitrogenada. Esto estaría en línea con lo reportado por Rogler y Lorenz (1957), quienes con fertilizaciones con N del orden de los 100 kg/ha/año encontraron mayores producciones en aquellos tratamientos en que se manejaban cargas superiores. Esto deja en evidencia que un esquema de fertilización nitrogenada debe ser acompañado de un manejo del pastoreo adecuado, de forma tal de permitir explotar al máximo los beneficios de la misma.

A continuación se reporta la evolución que la fracción de gramíneas invernales tuvo para cada uno de los tratamientos a través del periodo experimental.

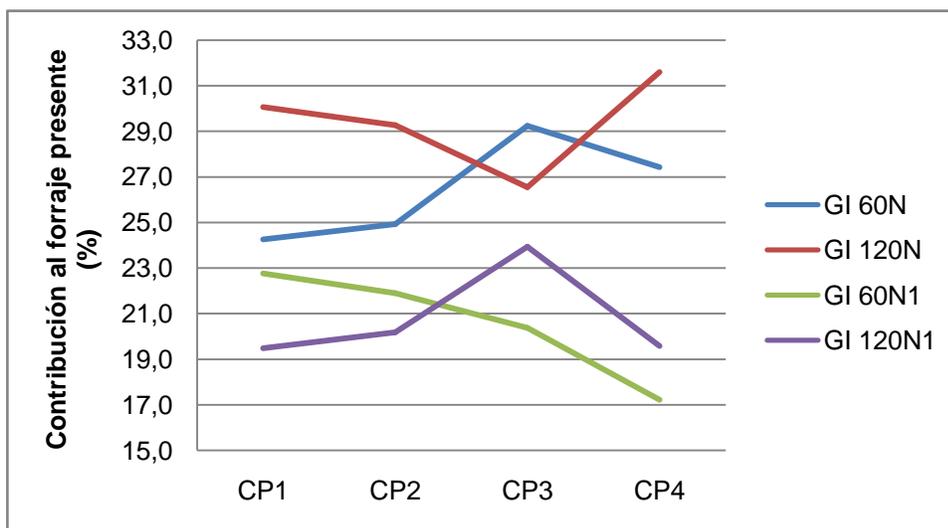


Figura No. 10. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de gramíneas invernales (GI) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

Se puede apreciar los mayores valores que presentan las gramíneas invernales para los tratamientos 60N y 120N, lo que no quiere decir necesariamente que los tratamientos recibiendo fertilizaciones durante un periodo de tiempo considerable disminuyan la participación de las especies invernales. Este comportamiento, asociado al que presentan los aportes de especies estivales, estaría vinculado con los resultados encontrados por Larratea y Soutto (2013), los cuales indicarían una estacionalización en lo que respecta al ciclo de producción de especies estivales e invernales, con mayor aportes de las GI durante el invierno e inicio de primavera, estando los mayores aportes de especies estivales asociadas a los periodos de primavera avanzada. A su vez debe considerarse el aumento que las especies anuales invernales presentan en el mediano y largo plazo, pudiéndose constatar a inicio del periodo experimental el mantillo con material muerto de dichas especies (fundamentalmente *Lolium spp.*).

En la figura No. 11 se presenta la contribución porcentual que las leguminosas nativas realizan al forraje disponible en los distintos tratamientos bajo fertilización nitrógeno-fosfatada durante diferentes periodos de tiempo.

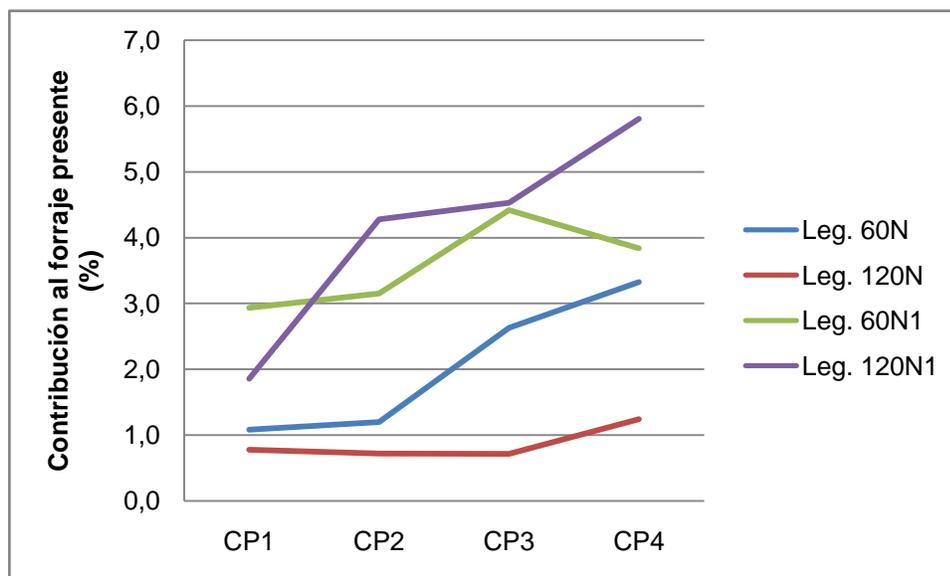


Figura No. 11. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de leguminosas nativas (Leg.) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

A partir del gráfico anterior se puede apreciar el mayor aporte que las leguminosas nativas realizan al forraje presente en los tratamientos 60N1 y 120N1, lo cual pondría de manifiesto un efecto de promoción que el esquema de fertilización con N y P presentó en el mediano-largo plazo. Este efecto de promoción se explica sobre todo por los aumentos que se registran en los niveles de P en suelo debidos a las sucesivas fertilizaciones como ya fuera explicado con anterioridad.

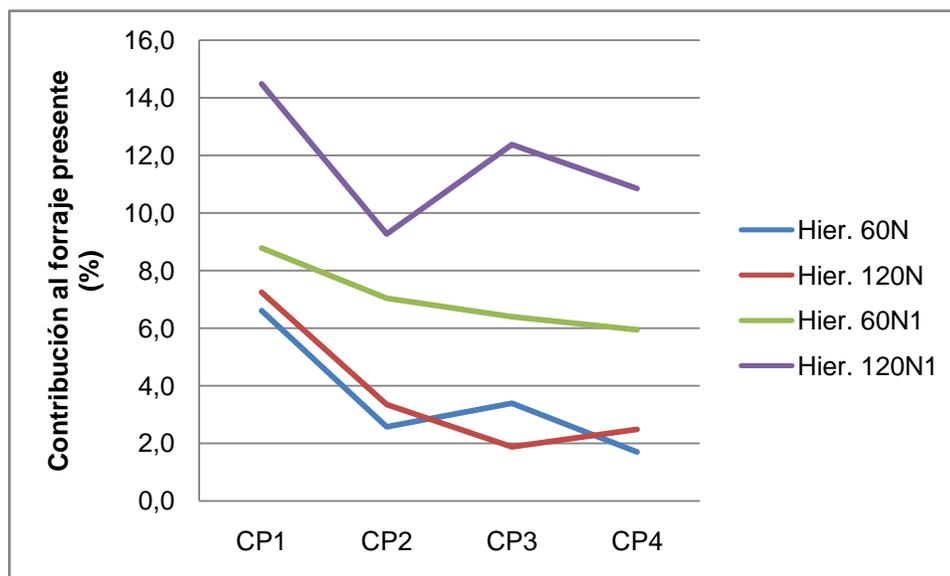


Figura No. 12. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de hierbas menores, enanas y cardos (Hier.) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

A partir del gráfico presentado queda de manifiesto el efecto que la fertilización nitrógeno-fosfatada presenta en el mediano plazo sobre la fracción representada por hierbas enanas, menores y cardos, constatándose valores superiores para los tratamientos con una mayor historia de fertilización, y dentro de estos, una mayor contribución para el caso del tratamiento que recibe 120 kg N/ha/año. Esto es coincidente con los resultados reportados por Rodríguez Palma et al. (2008b) quienes reportan aumentos del 38% de la fracción de hierbas enanas, menores y leguminosas para el sexto año de fertilización.

En la figura No. 13 se procede a presentar el comportamiento que los restos secos tienen en cada uno de los tratamientos a lo largo del periodo bajo estudio.

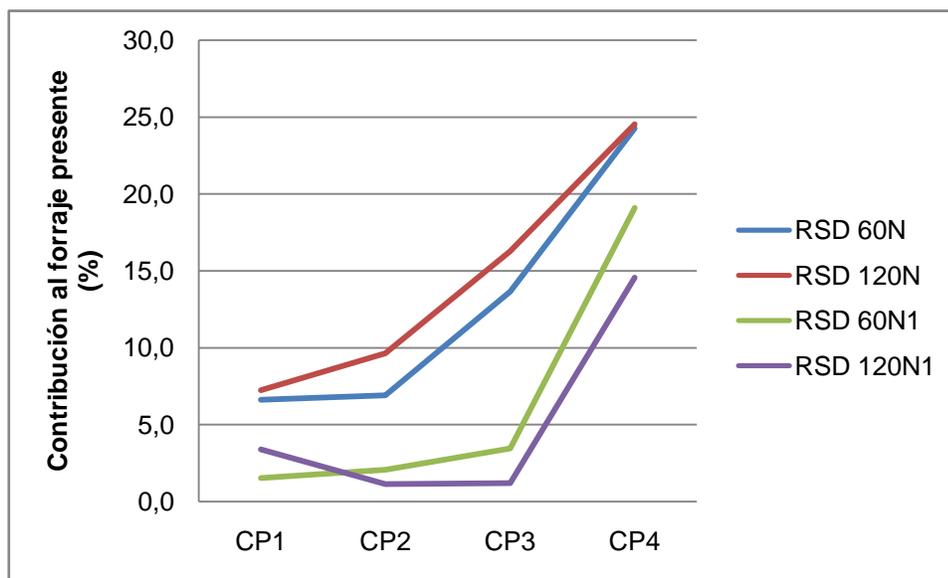


Figura No. 13. Evolución de la contribución en % a la materia seca presente de los restos secos disponibles (RSD) para los tratamientos nitrogenados a través de los distintos ciclos de pastoreo (CP).

La evolución de los restos secos ya fue comentada en la figura No. 13, observándose incrementos cada vez mayores a medida que avanza el periodo experimental, lo cual fue asociado al fin del ciclo productivo de las especies estivales y al otoño seco que acentuó la participación de la facción restos secos por mayor muerte de forraje. Pese a esto puede observarse que los tratamientos 60N1 y 120N1 presentan niveles menores de contribución de restos secos, lo cual se explica por las ofertas de forraje significativamente menores manejadas en dichos tratamientos. Las altas ofertas manejadas en 60N y 120N (22,1% promedio para el periodo total) determinan una acumulación de forraje importante, la cual determina valores mayores de restos secos frente a 60N1 y 120N1 (manejados a 8,9% promedio).

4.4.3. Análisis del remanente del experimento 1 para el periodo total

Se presentan a continuación las principales variables de composición botánica remanente medidas para los diferentes tratamientos.

4.4.3.1. Efecto del tratamiento

Cuadro No. 30. Materia seca total remanente en kg MS/ha (MSTD) y composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno-finas (GETF), gramíneas estivales ordinario-duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento.

	MSVR (%)	Leg (%)	Pnot (%)	GETF (%)	GEOD (%)	GI (%)	Hier (%)	RS (%)
CN	93,5	0,7	36,5	19,1	9,9	23,1	4,0	6,5
CNM	96,0	1,3	38,5	21,6	3,6	24,7	4,0	4,0
60N	95,7	0,8	27,7	28,9	5,5	27,8	4,8	4,3
120N	95,9	0,5	29,2	28,3	5,0	29,4	2,9	4,1

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

No se detectaron diferencias para las variables especificadas ($p=0,66$; 0,78; 0,20; 0,25; 0,40; 0,55; 0,43 y 0,66 respectivamente).

Al realizar el contraste entre el tratamiento CN y el promedio de los tratamientos recibiendo nitrógeno, se encuentran diferencias significativas ($p=0,07$) para los aportes de GETF, con mayores valores para los últimos (28,6% vs 19,1%).

Cuadro No. 31. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) en los remanentes promedio según tratamiento.

	cobSD (%)	cobMCS (%)	cobEh (%)
CN	2,0	3,0	3,4
CNM	2,2	2,4	4,4
60N	1,1	3,0	3,2
120N	0,8	1,7	2,9

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas para cob MCS y cobEh ($p=0,39$; 0,51), con tendencias a menores coberturas de suelo desnudo en los tratamientos recibiendo fertilización N y P ($p=0,12$).

La menor participación de suelo desnudo en 60N y 120N se asocia a las mayores ofertas de forraje manejadas dentro de estos tratamientos, las

cuales determinan menores intensidades de pastoreo respecto de CN y CNM. Esta tendencia se verifica a través de la significancia que arroja el contraste entre el tratamiento CN y los tratamientos 60N y 120N ($p=0,07$), con valores de 2,0% y 0,9% respectivamente.

4.4.4. Análisis del remanente para el periodo total experimento 2

4.4.4.1. Efecto del tratamiento

Cuadro No. 32. Composición porcentual de materia verde disponible (MSVD), *Paspalum notatum* (Pnot), gramíneas estivales tierno-finas (GETF), gramíneas estivales ordinario-duras (GEOD), gramíneas invernales (GI), leguminosas (Leg), hierbas (Hier) y restos secos (RS) según tratamiento y la historia de fertilización.

	MSVR (%)	Leg (%)	Pnot (%)	GETF (%)	GEOD (%)	GI (%)	Hier (%)	RS (%)
60N	95,6 B	0,7 C	29,0	28,0	5,5	27,6 A	4,7 AB	4,4 A
120N	95,8 B	0,5 C	30,5	27,4	5,0	29,2 A	2,8 B	4,2 A
60N1	99,5 A	3,1 B	27,5	32,1	5,1	21,6 AB	10,5 A	0,5 B
120N1	100 A	4,7 A	34,2	26,7	3,6	18,0 B	11,0 A	0,0 B

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

En el cuadro anterior se aprecia que las variables MSVR y RS presentaron diferencias estadísticamente significativas, constatándose en los tratamientos 60N1 y 120N1 menor proporción de material verde en los remanentes, asociado esto fundamentalmente a las OF contrastantes entre pares de tratamientos que determinan mayor selectividad de los animales en pastoreo en los tratamientos con menor presión de pastoreo. La contribución porcentual de leguminosas presentó diferencias entre tratamientos, diferencia que está en claro favor de los tratamientos 60N1 y 120N1 (DMS=1,07%). Como ya fue explicado anteriormente, dichos tratamientos cuentan con mayores contenidos de fósforo, resultado de las sucesivas fertilizaciones con N y P, a lo cual puede sumarse un efecto positivo que las mayores ofertas de forraje manejadas tuvieron sobre *Desmodium incanum*, coincidiendo con Boldrini (1993).

Cuadro No. 33. Cobertura de suelo desnudo (cobSD), malezas de campo sucio (cobMCS) y *Eryngium horridum* (cobEh) promedio en los distintos tratamientos.

	cobSD (%)	cobMCS (%)	cobEh (%)
60N	1,2	3,0	3,3
120N	0,9	1,7	2,9
60N1	2,4	1,0	4,5
120N1	4,2	1,1	2,9

Medias con letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

No se detectaron diferencias significativas para las distintas variables de cobertura entre tratamientos ($p=0,47$; $0,11$; $0,55$), pese a lo cual existe una tendencia hacia mayores coberturas de malezas de campo sucio para los tratamientos con reciente historia de fertilización, diferencias de cobertura que resultan significativas ($p=0,02$) al realizar el contraste entre 60N-120N y 60N1-120N1. Algo similar sucede con la variable cobSD, la cual muestra significancia ($p=0,06$), con valores superiores de los tratamientos N1 (3,3% contra 1,1%).

4.4.5. Resumen: análisis de los componentes principales

A continuación se realizará un análisis de las variables que resumen el comportamiento de los grupos de especies relevados frente al efecto de los tratamientos probados. Se presenta en primer lugar un Análisis de Componentes Principales (ACP) con su correspondiente gráfico Biplot, a través del cual se pretende una rápida interpretación de los resultados obtenidos, pasando luego a un análisis más pormenorizado de los resultados encontrados para mediciones realizadas previo a la entrada de los animales a cada parcela y a la salida de los mismos.

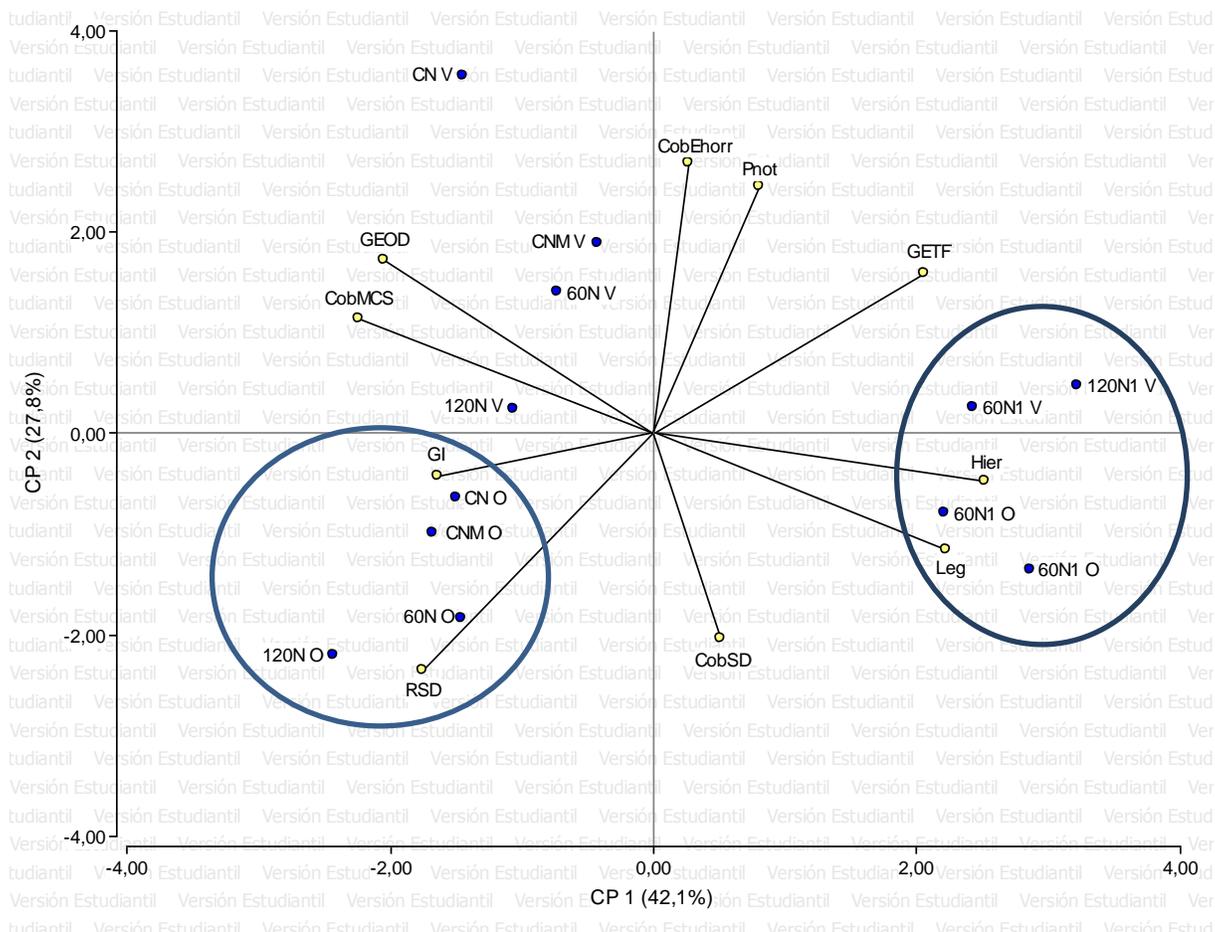


Figura No. 14. Biplot de grupos de especies y tratamientos por estación resultado de un análisis de componentes principales. Campo natural en verano y otoño (CN V y CN O), campo natural mejorado en verano y otoño (CNM V y CNM O) Nitrógeno nuevo 60 Kg/ha en verano y otoño (60N V y 60N O), Nitrógeno nuevo 120 Kg/ha en verano y otoño (120N V y 120N O), Nitrógeno viejo 60 Kg/ha en verano y otoño (60N1 V y 60N1 O), Nitrógeno viejo 120 Kg/ha en verano y otoño (120N1 V y 120N1 O), Leguminosas (Leg), *Paspalum notatum* (Pnot), Gramíneas estivales tierno–finas (GETF), Gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), Gramíneas invernales (GI), Hierbas (Hier), Restos secos disponibles (RSD), Cobertura de suelo desnudo (CobSD), Cobertura de malezas de campo sucio (CobMCS) y Cobertura de *Eryngium horridum* (CobEhorr).

Cuadro No. 34. Correlaciones de las componentes principales 1 y 2 con las variables originales: Leguminosas (LEG), *Paspalum notatum* (Pnot), Gramíneas estivales tierno–finas (GETF), Gramíneas estivales ordinario–duras (GEOD), Gramíneas invernales (GI), Hierbas (Hier), Restos secos disponibles (RSD), Cobertura de suelo desnudo (CobSD), Cobertura de malezas de campo sucio (CobMCS) y Cobertura de *Eryngium horridum* (CobEhorr).

Variables	CP1	CP2
Leg.	0,40	-0,21
Pnot	0,14	0,44
GETF	0,37	0,28
GEOD	-0,36	0,31
GI	-0,29	-0,08
Hier.	0,45	-0,08
RSD	-0,31	-0,42
CobSD	0,09	-0,36
CobMCS	-0,40	0,20
CobEhorr	0,05	0,48

Coefficiente de correlación cofenética=0,932.

Como puede observarse en el gráfico biplot las componentes principales resumen un 69,9% de la información de la variabilidad total involucrada en el experimento. Por su parte, el coeficiente de correlación cofenética puede ser utilizado como una medida de la calidad de la reducción lograda (Balzarini et al., 2008), encontrándose un buen valor para dicho coeficiente (0,932).

A partir del cuadro de correlaciones se desprende que la CP1 se encuentra mayormente asociada a las variables Hier, Leg y GETF de forma positiva y a CobMCS, GEOD, RSD y GI en forma negativa, en tanto que la CP2 se asocia positivamente con CobEhorr, Pnot, GETF y CobMCS, y negativamente con RSD, CobSD y Leg.

La componente principal separa a las variables RSD, GEOD, CobMCS y GI de las restantes variables, lo que se interpreta diciendo que la mayor variabilidad entre los tratamientos probados en las distintas estaciones se explica con estas variables.

Las direcciones que las variables toman desde el origen y los ángulos que forman sus vectores pueden ser interpretados en términos de correlaciones; ángulos de 90° indican variables no correlacionadas, ángulos de 180° o similares variables con una fuerte correlación negativa y ángulos agudos

indican variables positivamente correlacionadas (Balzarini et al., 2008). A partir de esto es posible realizar una interpretación generalizada de la correlación existente entre las variables especificadas. Se pueden notar de esta manera variables sin mayor asociación, como son los casos de GEOD con RSD, Pnot con Leg, Leg con RSD, Pnot con GEOD, y Hier con Cob Ehorr, variables que muestran una fuerte correlación positiva, como GEOD y CobMCS, CobEhorr y Pnot, y Hier con Leg, y correlaciones fuertemente negativas entre GEOD y Leg, CobMCS y Leg, y GETF y RSD.

Entrando en la interpretación de relaciones conjuntas entre variables y observaciones se puede constatar que hay una relativa asociación de los tratamientos CN V, CNM V, 60N V y 120N V a contribuciones mayores de gramíneas estivales de tipo productivo ordinario-duro y a coberturas mayores de malezas de campo sucio. Una mayor asociación con gramíneas estivales menos deseadas en los tratamientos que cuentan con una historia reciente de intervención puede justificarse justamente por eso, no ha transcurrido el tiempo suficiente que permita expresar los cambios graduales que se dan mediante los diferentes mejoramientos de campo nativo hacia mayores contribuciones de especies estivales tierno-finas, leguminosas y gramíneas invernales. Los tratamientos probados no se diferenciaron marcadamente en cuanto a su asociación con las variables respecto del tratamiento testigo, lo cual refuerza la hipótesis anterior. A todo esto se suma que el grupo de malezas de campo sucio relevado se constituye casi exclusivamente por malezas de ciclo estival, representadas fundamentalmente por *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera* y *Baccharis coridifolia*.

Por otra parte los tratamientos CN O, CNM O, 60N O y 120N O están más asociados con contribuciones de materia seca realizadas por las fracciones de gramíneas invernales y restos secos disponibles. Esta relación hallada tiene una explicación lógica basada en el hecho de que en la mencionada estación se da el rebrote de las especies de ciclo invernal, por lo cual podría decirse que esta relación evidenciada en el gráfico es una regla general para aquellas situaciones en que las especies invernales tienen una similar contribución a la que presentan estos campos. De todas formas debe considerarse que la contribución de la variable GI a la representación es la menor de todas las variables involucradas, evidenciado por la menor longitud del vector desde el origen (Balzarini et al., 2008). La clara asociación encontrada entre RSD y los mencionados tratamientos puede deberse a que las particulares condiciones climáticas que se reportaron para este otoño seco, determinaron un incremento considerable del material muerto dentro de la oferta de forraje, magnificando el aumento en la proporción de restos secos ocasionado por la finalización del periodo reproductivo de las especies de ciclo estival. También debe mencionarse el hecho de que las altas ofertas de forraje manejadas para los

tratamientos 60N y 120N determinaron una mayor importancia de esta variable debido a la acumulación y diferimiento de forraje desde la estación estival.

Los tratamientos 60N1 y 120N1 en verano mostraron asociación con las variables GETF y Hier, lo cual es coincidente con la composición predominante que se observó en dicha estación, estando las GETF principalmente representadas por *Paspalum dilatatum* y *Coelorhachis selloana* y fundamentalmente por *Sida rhombifolia* en el caso de las hierbas.

Para estos mismos tratamientos en la estación otoñal se encontró una clara asociación con los aportes en materia seca realizados por las hierbas y las leguminosas, hierbas que nuevamente están encabezadas por *Sida rhombifolia*, en tanto que para el caso de las leguminosas se encontró que *Desmodium incanum* era la especie predominante, seguida por *Medicago lupulina*.

Se presenta a continuación las relaciones encontradas entre altura del tapiz y los kg/ha de MS presente para las estaciones de verano y otoño respectivamente.

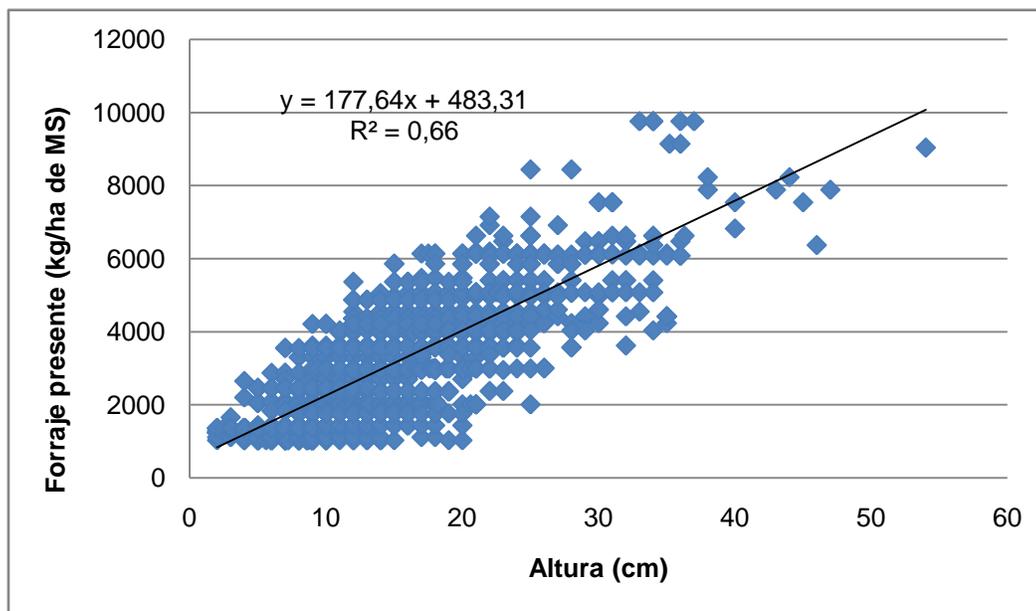


Figura No. 15. Relación entre altura del tapiz y los kg/ha de MS presente para la estación estival.

En la figura No. 15 se presenta la ecuación de la recta obtenida para altura y MS presente, ecuación que arroja 177,6 kg de MS por cada cm para el

promedio de la estación de verano. El coeficiente de determinación para dicha relación es de 0,66.

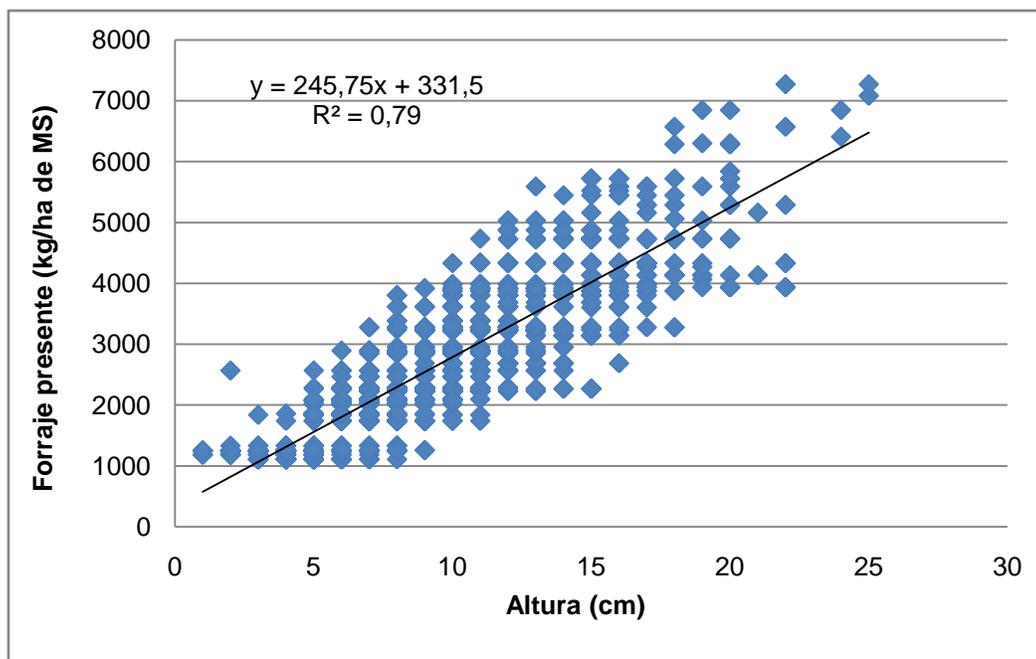


Figura No. 16. Relación entre altura del tapiz y los kg/ha de MS presente para la estación otoñal.

A partir de la figura No. 16 se desprende una relación entre altura y forraje presente de 245,75 kg MS por cada cm de tapiz, lográndose un mayor ajuste ($R^2=0,79$) respecto de la estación de verano.

4.5. CONSIDERACIONES FINALES

El presente trabajo permitió evaluar la producción del campo natural sometido a diferentes niveles de intervención.

Para el periodo de estudio, la producción de forraje al igual que todas las otras variables de la pastura, no mostro respuesta frente a los tratamientos que se probaron. Dentro de cada estación, tampoco se observaron diferencias debidas al agregado de N o a la introducción de leguminosas + P.

Se sospecha que otros factores enmascararon la mejoría esperada en producción de materia seca. El tiempo transcurrido desde la intervención puede no haber sido suficiente para que el tapiz pudiera expresar la mejora en el nivel

tráfico del suelo a través de mayores tasas de crecimiento respecto al campo natural. Las mayores OF en los tratamientos con N, condicionaron el logro de más kg/ha de MS a través de una reducción en la eficiencia fotosintética de la pastura. La pobre implantación de las leguminosas para el caso del campo natural mejorado determina que este tratamiento se comporte como el testigo + P.

En el caso particular del otoño, el pronunciado déficit hídrico podría haber sido el factor que más pesó sobre las tasas de crecimiento para dicha estación, enmascarando posibles mejoras en producción de MS por efectos cuali y cuantitativos del N sobre el tapiz natural. La mineralización de N que se presume ocurrió en otoño, puede haber levantado el nivel de N en suelo haciéndolo no limitante para el crecimiento vegetal, explicando entonces que el testigo iguale las tasas de crecimiento de los demás tratamientos.

Al comparar la producción de forraje entre estaciones, se evidencia una notoria superioridad del verano frente al otoño, lo cual se debió a las mejores condiciones de luminosidad, temperatura y disponibilidad hídrica para dicha estación.

Al evaluar el efecto de los años de intervención comparando tratamientos con historia de fertilización y los tratamientos recientemente fertilizados, se vio una diferencia en producción de MS a favor de estos últimos. Esto se atribuyó a una sustitución de especies perennes estivales por especies anuales invernales cuya producción no se constató en este periodo de estudio deprimiendo así la producción de los tratamientos que cuentan con mayor historia de fertilización.

En cuanto a la producción secundaria no hubo diferencias en desempeño individual de los animales para los distintos tratamientos en el periodo total debido a que no se encontraron diferencias en la calidad del forraje consumido, sumado a que el consumo no se vio limitado por factores no nutricionales, pese a que se manejaron ofertas de forraje distintas. Estas producciones de PV fueron bajas debido a la pobre calidad del forraje y los altos requerimientos de la raza.

Al analizar el desempeño animal estacional no se detectan diferencias entre tratamientos para el periodo estival, en tanto que sí existen desempeños diferenciales en el otoño, los cuales pudieron estar ocasionados por las diferentes alturas de la pastura entre los tratamientos nitrogenados y el campo natural. Estas diferencias afectan el comportamiento ingestivo determinando menores ganancias para el campo natural, tratamiento en que las alturas se tornan limitantes.

Al comparar entre estaciones quedan en evidencia las diferencias en ganancias individuales a favor del verano. Estos mejores desempeños se deben fundamentalmente a la mejor calidad del forraje registrada durante dicha estación.

Cuando se compararon las producciones de PV entre los tratamientos con distinta historia de fertilización, las diferencias fueron grandes a favor de los tratamientos con historia de fertilización como consecuencia de una mejor calidad del forraje consumido. Esta mejor calidad fue consecuencia de una diferente composición botánica, un mejor ajuste de la oferta de forraje y un manejo de la pastura más bajo, que mantenía la pastura más joven.

Al analizar la composición botánica para el periodo total del experimento no se encuentran cambios significativos en composición florística adjudicables a los tratamientos probados, si bien hay una tendencia a mejoras en la contribución que las especies invernales y estivales de tipo productivo tierno-fino realizan en los tratamientos que cuentan con algún tipo de intervención.

Al comparar estacionalmente la composición puede constatarse una reducción esperable en la contribución que las especies estivales realizan hacia otoño, sin evidenciarse sin embargo un aumento en la participación de las invernales, lo cual estaría fundamentalmente explicado por las condiciones de sequía otoñal.

La fertilización nitrógeno-fosfatada conllevaría en el mediano plazo a un aumento en la participación de especies estivales de tipo productivo tierno y fino, así como a un incremento de la fracción representada por leguminosas, malezas enanas y malezas menores. Si bien no se evaluó directamente por el periodo en que se llevó a cabo el experimento, hay evidencias de un incremento de especies anuales invernales (restos secos de raigrás a inicios del periodo de estudio).

5. CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada no permitió aumentar la producción de forraje estivo-otoñal y como consecuencia no se pudo incrementar la carga en kg/ha de PV.

La fertilización nitrogenada no determinó mejoras significativas en la calidad del forraje cosechado por los animales.

La fertilización nitrogenada no produjo cambios en la composición botánica, que permitieran mejoras en las performances individuales.

Existe efecto residual del nitrógeno de fertilizaciones anteriores disminuyendo la producción de forraje estivo-otoñal, en respuesta a una sustitución de gramíneas perennes estivales por gramíneas anuales invernales.

El cambio en la composición botánica incrementó el valor pastoral del campo natural con historia de fertilización nitrogenada. Esto, sumado a un ajuste de la OF, permitió producciones significativamente mayores de PV.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el potrero 18 de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada 20° 9' latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. n. m.). El período de evaluación del experimento fue verano (7 de enero al 28 de febrero) y otoño del 2015 (1 de marzo al 5 de mayo). El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta estivo-otoñal de una pastura natural del litoral a la fertilización nitrogenada y a la introducción de leguminosas, bajo pastoreo rotativo, manejado por ofertas de forraje variable según la estación (10 y 8% PV respectivamente) en: producción de forraje, evolución de la composición botánica y producción de PV. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, evaluando dos niveles de nitrógeno, 60 y 120 kg/ha de N y el mejoramiento con *Lotus tenuis* cv. Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 a una densidad de 6 kg/ha, con una fertilización a la siembra de 40 kg P₂O₅/ha (100 kg de 7-(40/40)-0 + 4% S). Las variables medidas fueron producción de forraje, tasa de crecimiento, forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, altura promedio del forraje, forraje desaparecido promedio, evolución de la proporción de especies en la pastura, carga instantánea y total, ganancia por hectárea y por animal, y oferta de forraje. Los resultados muestran que no hubo un efecto ni de la fertilización nitrogenada ni de la introducción de leguminosas en la producción de forraje para ninguna de las estaciones, no diferenciándose del testigo. Factores como el tiempo transcurrido desde la intervención, OF contrastantes, pobre implantación de las leguminosas pueden haber enmascarado posibles efectos positivos sobre la producción de MS. Para el caso particular del otoño el pronunciado déficit hídrico así como la mineralización de N que se presume ocurrió podrían ser las causas de que los diferentes niveles de intervención se comporten como el campo natural testigo. El verano produjo más que el otoño, debido a mejores condiciones de luminosidad, temperatura y disponibilidad hídrica para dicha estación. El efecto de los años de intervención, los tratamientos con historia de fertilización produjeron menos MS que los tratamientos recientemente fertilizados, lo cual se atribuyó a una sustitución de especies perennes estivales por especies anuales invernales. La producción secundaria no tuvo diferencias en performance individual entre tratamientos, debido a que no se encontraron diferencias en la calidad del forraje consumido, sumado a que el consumo no se vio limitado por factores no nutricionales. Estas producciones de PV fueron bajas debido a la pobre calidad del forraje y los altos requerimientos de la categoría y la raza. Las ganancias medias diarias fueron mayores para el verano, fundamentalmente por la mejor calidad del forraje registrada respecto al otoño. Las producciones de PV para los tratamientos con historia de fertilización fueron mayores que las producciones para los tratamientos con fertilización reciente, consecuencia de una mejor calidad del forraje consumido. Esta mejor

calidad se debió a una diferente composición botánica, un mejor ajuste de la oferta de forraje y un manejo de la pastura más bajo, que mantenía la pastura más joven. Al analizar la evolución de la composición botánica no se encontraron cambios adjudicables a los tratamientos probados. Sí se encontró una tendencia a mejoras en la contribución que las especies invernales y estivales de tipo productivo tierno-fino en los tratamientos fertilizados. La participación de las invernales no se incrementó en otoño debido a la sequía en ese periodo. Se constató un aumento en la participación de especies estivales de tipo productivo tierno y fino, así como un incremento de la fracción representada por leguminosas, malezas enanas y malezas menores en los tratamientos con historia de fertilización nitrogenada. Por último, si bien no se evaluó directamente por el período en que se llevó a cabo el experimento, hay evidencias de un incremento de especies anuales invernales (material muerto a inicios del período).

Palabras clave: Nitrógeno; Campo natural; Verano; Otoño.

7. SUMMARY

This research was carried out in the 18th. paddock at the Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) of the School of Agronomy, located on route General Artigas, Km. 363, in the department of Paysandú, Uruguay (32° 20' 9'' South and 58° West, 61 MASL). The evaluation was conducted in summer (7th. January to 28th. February) and autumn 2015 (1st. March to 5th. May). The purpose and aim of this experiment was to measure the summer/autumn response of natural pasture in the western littoral of the country, fertilized with nitrogen and other submitted to an improvement with legumes, both subjected to rotative grazing under variable offers of forage depending on the season –10 and 8% of live weight (LW) respectively– In forage production, evolution of botanical composition and LW production. The experimental design consisted of complete randomised blocks with four replications, assessing two levels of nitrogen, 60 and 120 kg/ha of N and the improvement with *Lotus tenuis* cv. Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 planted in a density of 6 kg/ha and fertilized with 40 kg P₂O₅/ha (100 kg of 7-(40/40)-0 + 4% S) at planting. The variables measured were: forage production, growth rate, available forage, available forage height, remnant forage, remnant forage height, forage average height, average missing forage, proportion of species evolution on the pasture, total and instant load, live weight production per hectare and per animal, and forage supply. Results have shown that neither nitrogen fertilization nor legumes introduction have effect in forage production for any of the seasons, having no differences with the witness. Factors such as time transcurrred since the intervention, contrasting forage supplies and poor legumes implantation could have masked possible positive effects on forage production. For autumn particular case, the sharp water deficit and the presumed N mineralization occurred, might be the causes of different intervention levels behaving like the witness natural field. The summer produced more than the fall, due to better conditions of light, temperature and water availability for that season. Evaluating the effect of the intervening years, treatments with fertilization history produced less dry matter than treatments recently fertilized, which was attributed to a substitution of summer perennials species for winter annual species. Secondary production did not differ between treatments in individual performance, because no differences were found in the forage consumed quality, plus consumption was not limited by non-nutritional factors. These LW productions were low due to forage poor quality and high race and class requirements. Daily earnings were higher for the summer, mainly due to the better forage quality recorded compared to autumn. LW productions for history fertilization treatments were higher than newly fertilization treatments yields resulting from better forage consumed quality. This better quality was due to a different botanical composition, better matching forage supply and handling lower height pasture, which kept the pasture younger. Analysing the botanical

composition evolution, no changes were found allocable to the tested treatments. A trend towards contribution improvement in the inveral and summer high productive valued species was found in fertilized treatments. Winter species participation was not increased in autumn due to drought in that period. It was verified an increase in the summer high productive value species participation rate, as well as an increase in the fraction represented by legumes, dwarf weeds and minor weeds in treatments with nitrogenous fertilizer history. Finally, there is evidence of winter annuals species increments (dead material at the beginning of the experiment), although it was not directly evaluated because of the period in which the experiment was conducted.

Keywords: Nitrogen ; Natural pasture ; Summer; Autumn.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguinaga, A. J. Q.; Aguinaga, A. A. Q.; Nabinger, C.; Carvalho, P. C.; Frizzo, A.; Guma, J.; Cauduro, G.; Crancio, L. 2004. Produção de forragem de uma pastagem natural da depressão central do RS, submetida a diferentes níveis e sequencias de oferta de forragem. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (41^a., 2004, Campo Grande, MS). Anais. Mato Grosso do Sul, s.e. s.p.
2. Allen, V.; Batello, C.; Berretta, E.; Hodgson, J.; Kothman, M.; Li, X.; McIvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*. 66: 2-28.
3. 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.
4. Álvarez, M. C.; Álzaga, G.; Nopitsch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje del campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 138 p.
5. Amarante, O.; López, J.; Terra, J. 1995. Efecto de las características de la pastura natural durante gestación avanzada sobre el estado corporal al parto en vacas Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 57 p.
6. Arce, M.; Fernández, P.; Ricceto, S. 2013. Respuesta estival de *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Pennisetum purpureum* cv Mott al riego suplementario. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
7. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
8. _____.; _____. 1995. Evaluación productiva de mejoramientos extensivos sobre suelos de Lomadas en la Región Este. In: Ayala, W.; Carámbula, M.; Scaglia, G., eds. Mejoramientos extensivos; manejo y utilización. Treinta y Tres, INIA. pp. 26-35.

9. Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J. A.; Robledo, C. W. 2008. Manual del usuario. Córdoba, Argentina, Brujas. 336 p.
10. Bemhaja, M.; Berretta, E. J. 1991. Respuesta a la siembra de leguminosas en Basalto profundo. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 103-114 (Serie Técnica no. 13).
11. _____. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica Nitrógeno en Pasturas (1994, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
12. _____. 1998a. Caracterización de mejoramiento de campo bajo diferentes cargas con novillos durante tres años. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 83-90 (Serie Técnica no. 102).
13. _____.; Berretta, E.; Brito, G. 1998b. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en Basalto profundo. 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^a., 1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 119-122.
14. Berg, W.; Sims, P. 1995. Nitrogen fertilizer use efficiency in steer gain on old world bluestem. *Journal of Range Management*. 48: 461- 469.
15. 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 (9^a., 1987, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Tacuarembó, s.e. pp. 79-93.
16. _____.; Levratto, J. C. 1990a. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de especies. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2^o., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 197-203.

17. _____.; Formoso, D.; Carbajal, C. M.; Fernández, J.; Garbachutto, I. R. 1990b. Producción y calidad de diferentes especies forrajeras nativas en condiciones de campo. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 49-62.
18. _____.; Do Nascimento, D. 1991. Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal español-portugués. Montevideo, Uruguay, Instituto Interamericano de Cooperação para la Agricultura. 126 p. (Diálogo no. 32).
19. _____. 1996. Campo natural; valor nutritivo y manejo. In: Riso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-124 (Serie Técnica no. 80).
20. _____. 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, INIA. pp. 91-96 (Serie Técnica no. 102).
21. _____.; Riso, D. F.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S. 1998b. Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización de las Tecnologías para Basalto (1998, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 73-84 (Serie Técnica no.102).
22. _____. 2005. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de Basalto. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo. INIA. pp. 61-73 (Serie Técnica no. 102).
23. Boggiano, P.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M.; Marçal, G.; Magdalena, E.; Vieiro, J.; Dos Santos, R.; Silveira, F. 1998. Efeito de adubação nitrogenada (N) e da oferta de forragem (OF) sobre a composição botânica da pastagem natural. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (17ª., 1998, Lages, SC). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio. Lages, s.e. p. 132.

24. _____.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem na carga animal, produção e utilização da matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. In: Reunión Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia (37^{a.}, 2000, Viçosa). Trabalhos apresentados. Viçosa, s.e. s.p.
25. _____.; Cadenazzi, M.; Riboldi, J. 2002. Producción de materia seca de pastura nativa fertilizada con nitrógeno. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (19^{a.}, 2002, Corrientes). Sistemas de producción; caminos para una integración sustentable. Corrientes, Gráfica Payubre. p. 98.
26. _____. 2003. Informe de consultoría; subcomponente manejo integrado de pradera. Proyecto combinado GEF/IBRD Manejo integrado de ecosistemas y recursos naturales en Uruguay. Componente Manejo y conservación de la diversidad biológica. (en línea). Montevideo, MGAP. 72 p. Consultado set. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/UPCT/Diagn%F3sticoManejoIntegradoPasturas.pdf>
27. _____.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M.; Severini, M.; Zanoniani, M. 2004a. Respuesta otoñal en la estructura poblacional de *Bromus auleticus* Trinus a la oferta de forraje y fertilización nitrogenada. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campo (20^{a.}, 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 262-263.
28. _____.; Berretta, E.; Cadenazzi, M.; Nöell, S. 2004b. Respuesta poblacional de *Poa lanigera* Nees a la fertilización del campo natural de basalto. Grupo campo. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campo (20^{a.}, 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 264- 265.
29. _____.; Zanoniani, R.; Millot, J. C. 2005. Respuesta del campo natural a manejos crecientes de intervención. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 105-114 (Serie Técnica no. 151).

30. _____; Nabinger, C.; Cadenazzi, M.; Maraschin, G. 2011. The impact of grazing intensity on photosynthetically active radiation absorbed by a fertilized natural pasture. In: International Rangeland Congress (9th., 2011, Rosario). Proceedings. Rosario, s.e. p. 695.
31. Boldrini, I. 1993. Dinâmica de vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de asignación de forragem e tipos de solos. Teses de Doutorado. Depressão Central, RS. Universidade do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 262 p.
32. Bossi, J.; Ferrando, L. A.; Fernández, A.; Elizalde, G.; Morales, H.; Ledesma, J.; Carballo, E.; Medina, E.; Ford, I.; Montaña, J. 1975. Carta geológica del Uruguay. Montevideo, Geoeditores. Escala 1:1.000.000.
33. Bottaro, C.; Zabala, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NKP en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 171 p.
34. Briske, D. D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. In: Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. eds. Grazing management an ecological perspective. Portland, Oregon, Timber. pp. 85-108.
35. 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.
36. Carámbula, M. 1992. Mejoramientos extensivos; fundamentos. In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E., eds. Mejoramientos extensivos en la Región Este. Resultados experimentales 1991-92. Treinta y Tres, INIA. pp. 12-16 (Actividades de Difusión no. 75).
37. _____; Ayala, W.; Bermúdez, R.; Carriquiry, E. 1995. Control de cardilla. Montevideo, INIA. 11 p. (Serie Técnica no. 57).
38. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.

39. _____. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 5-45.
40. _____. 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^a., 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 45-48 (Serie Técnica no. 94).
41. _____. 2002. Pasturas y forrajeras; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
42. Cardozo, R.; Kunrath, T.; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición de un campo natural. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 206.
43. Carvalho, P. C. F.; Mezzalira, J. C.; Fonseca, L. 2008. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem; o quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. In: Symposium on Strategic Management of Pasture (4th.), International Symposium on Animal Production under Grazing (2nd., 2008, Viçosa, MG). Anais. Viçosa, s.e. pp. 101-130.
44. Castells, D. 1974. Fertilización de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
45. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants AF plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Krrling and Mundy. pp. 95-104.
46. Correa, D.; Scheffer-Basso, S. M.; Fontaneli, R. 2004. Adubação nitrogenada em uma pastagem natural da região da campanha do Rio Grande do Sul. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campo (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 320-321.

47. Correa, F. L.; Alvim Silva, L. F. 1998. Carga e ganho animal em campo nativo melhorado. 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^a., 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 91-93 (Serie Técnica no. 94).
48. Cospér, H.; Alsayegh, A. Y. 1967. Fertilization and its effects on range improvement in the northern Great Plains. *Journal of Range Management*. 20 (4): 216-222.
49. De Souza, P. J. 1985. Producción y calidad de pasturas naturales en el Uruguay. In: Seminario de Pasturas Naturales (1^o., 1985, Melo). Resúmenes. Melo, s.e. s.p.
50. Desrochers, A. M., Bain J. F.; Warwick, S. I. 1988. The Biology of Canadian weeds. *Carduus nutans* L. and *Carduus acanthoides* L. *Canadian Journal of Plant Science*. 68: 1053-1068.
51. Díaz-Zorita, M. 1997. Verdeos de invierno. In: Melgar, R.; Díaz-Zorita, M. eds. La fertilización de cultivos y pasturas. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 197 p.
52. Dougherty, C. T.; Rhykerd, C. L. 1985. The role of nitrogen in forage animal production. In: Heath, M. E.; Barnes, R. F.; Metcalfe, D. S. eds. Forages; the science of grassland agriculture. Ames, Iowa State University Press. pp. 318-325.
53. Drawe, D. L.; Box, T. W. 1969. High rates of nitrogen fertilization influence coastal prairie range. *Journal of Range Management*. 22 (1): 32-36.
54. Dube, S. 1999. Effects of moisture and defoliation regime on performance of grass in semi-arid rangelands. In: International Rangeland Congress (6th., 1999, Townsville, Queensland, Australia). People and rangelands building the future. Townsville, s.e. v.1, p. 273.
55. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-64.

56. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16 (2): 119-142.
57. García Petillo, M. 2012. Conceptos básicos para el manejo y diseño de riego. *In: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (2º., 2012, Salto, Uruguay). Trabajos presentados*. Montevideo, Grupo Desarrollo de Riego. pp. 23-32.
58. Gillen, R. L.; Berg, W.A. 1998. Nitrogen fertilization of a native grass planting in western Oklahoma. *Journal of Range Management*. 51 (4): 436-441.
59. Gomes, K. E.; Moojen, E. L.; Maraschin, G. E. 1996. Evolução de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul após cinco anos da aplicação de adubos, diferimentos e níveis de oferta de forragem. *In: Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical; Zona Campos (17ª., 1998, Porto Alegre). Trabalhos apresentados*. Porto Alegre, s.e. pp. 87-89.
60. Gomes, L. H.; Maraschin, G. E., Riboldi, J. 1998. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica da pastagem natural. II. Composição florística. *In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (17ª., 1998, Lages). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio*. Lages, SC, s.e. p. 137.
61. _____. 2000. Produtividade de un campo nativo melhorado submetido a adubação nitrogenada. *Teses Maestria en Zootecnia*. Porto Alegre, RS. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomia. 132 p.
62. Hall, W. B.; Mckean, G. M.; Corter, J. O.; Day, K. A.; Howden, S. M.; Scanlan, J. C.; Johnston P. W.; Burrows W. H. 1998. An assessment of the impact on animal production from native pastures. *Journal of Range Management*. 20 (2): 177-205.
63. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. Measurement of continuously grazed pastures. *In: Cayley, J. W. D.; Bird, P. R. eds. Techniques for measuring pastures*. Victoria, Australia, s.e. pp. 13-20.

64. Heitschmidt, R.; Dowhower, S.; Pinchak, W.; Canon, S. 1989. Effects of stocking rate on quantity and quality of available forage in a southern mixed grass prairie. *Journal of Range Management*. 42 (6): 468-473.
65. _____; Walker, J. 1997. Grazing management; technology for sustainable rangeland ecosystems? *In*: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Brazil). Proceedings. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 303-331.
66. Hodgson, J.; Taylor, J.; Lonsdale, R. 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of claves. *Journal of British Grassland Society*. 26 (4): 231–238.
67. _____. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production; an evaluation of research results. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 44: 99-104.
68. Iurato, A.; Rodríguez, M. 2002. Evaluación morfogénica de seis genotipos de gramíneas forrajeras invernales bajo dos niveles de nitrógeno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 107 p.
69. Johnson, P. S.; Hodgkinson, K. C. 1999. Tactical grazing for perennial grass survival – and Australia vs USA comparison. *In*: International Rangeland Congress (6th., 1999, Townsville, Queensland, Australia). People and rangelands building the future. Townsville, s.e. v.1, pp. 474-476.
70. Johnston, A.; Soliak, S.; Smith, A.; Lutwiek, L. 1969. Seasonal precipitation, evaporation, soil moisture and yield of fertilized range vegetation. *Canadian Journal of Plant Science*. 49 (2): 123-128.
71. Klingman, D. 1956. Weed control in pastures in the North Central Region. *Weeds*. 4: 369-375.
72. Koukoura, Z.; Kyriazopoulos, A.; Mantzanas, K. 2005. Effects of fertilization on floristic diversity and herbage production in a grazed natural range-land. *In*: International Occasional Symposium of the European Grassland Federation (13th., 2005, Tartu). Integrating efficient grassland farming and biodiversity. s.n.t. pp. 307-310.

73. Lallana, V. H. 2007. Ecofisiología de la cardilla (*Eryngium horridum* Malme). In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Malezas (2007, Young). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 79-106 (Actividades de Difusión no. 489).
74. 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. 121 p.
75. Leborgne, R. 1983. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos ganaderos. Montevideo, Hemisferio Sur. 54 p.
76. Lemaire, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing; tissue turnover. In: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Brasil). Proceedings. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 117-139.
77. Lorenz, R. J.; Rogler, A. G. 1973. Growth rate of mixed prairie in response to nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Range Management*. 26 (5): 365-368.
78. Lutwick, L. E.; Smith, A. D.; Johnston, A. 1965. Fertilizer experiments on rangelands using increasing-rate spreader. *Journal of Range Management*. 18 (3): 136-139.
79. Maraschin, E. G. 1993. Experiências de avaliação de pastagens com bovinos de corte no Brasil. In: Puignau, J. P. ed. Metodología de evaluación de pasturas. Montevideo, Uruguay, IICA. pp. 127-146.
80. _____; Almeida, E.; Harthmann, O. 1997. Pasture dynamics of Mottdwarf elephant grass as related to animal performance. In: International Grassland Congress (18th., 1997, Saskatchewan). Proceedings. Saskatchewan, Canada, s.e. pp. 25-26.
81. _____. 1998. Utilização, manejo e produtividade das pastagens nativas da região sul do Brasil. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3^o., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens; anais. Canoas, s.e. pp. 29-39.

82. _____. 2001. Production potential of South American grassland. In: International Grassland Congress (19th., 2001, São Pedro, SP, Brazil). Proceedings. São Pedro, s.e. pp. 1-33.
83. Martha Junior, G.; Vilela, L.; Barioni, L.; Sousa, D.; Barcellos, A. 2004. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: Simpósio sobre o Manejo da Pastagem (21^a., 2004, Piracicaba). Fertilidade de solo para pastagens produtivas. Trabalhos apresentados. Piracicaba, SP, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. pp. 155-215.
84. Martins, C. E. N.; Quadros, F.L.F. 2004. BOTANAL: Desenvolvimento de uma planilha eletrônica para avaliação de disponibilidade de matéria seca e composição florística de pastagens. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical Grupo Campos (20^o., 2004, Salto). Memorias. Salto, FAO/Grupo Campos pp.229-231.
85. Mas, C. 1992. Mejoramientos extensivos; antecedentes. In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región este; resultados experimentales 1991-92. Treinta y Tres, INIA. pp. 1-11 (Actividades de Difusión no. 75).
86. Mason, R. L.; Miltimore, J. E. 1959. Increase in yield and protein content of native blue bunch wheat gram from nitrogen fertilization. *Journal Plant Science*. 39 (4): 501-504.
87. Mazzanti, A.; Lemaire, G. 1994. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. *Grass and Forage Science*. 49 (3): 352-359.
88. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015. Censo agropecuario. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 29 mar. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2015,O,es,0>,
89. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, FUCREA. 199 p.

90. Morón, A. 1996. Ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Morón, A.; Risso D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51).
91. Moseley, J.; Moseley, G. 1993. Laboratory methods for estimating nutritive quality; sampling and sample preparation, sampling. In: Davies, A. ed. Sward measurement handbook. s.l., The British Grassland Society. pp. 266-268.
92. Mott, G. O.; Lucas, H. L. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress (6th., 1952, s.l.). Proceedings. s.n.t. pp. 1380-1385.
93. _____. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th., 1960, Reading, England). Proceedings. Reading, Alden. pp. 606-611.
94. Nabinger, C. 1998. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3^a., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens; anais. Canoas, s.e. pp. 54-107.
95. _____.; Dall'agnol, M. E.; De Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: Nabinger, C., ed. Manejo conservacionista de pastagens; um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, Brasil, s.e. s.p.
96. Olmos, F. 1992. Aportes para el manejo de campo natural. Efecto de la carga animal y el periodo de descanso en la producción y evolución de un campo natural de Caraguatá (Tacuarembó). Montevideo, INIA. pp. 7-8 (Serie Técnica no. 20).
97. Pallarés, O. R.; Pizzio, R. M. 1998. Introducción de especies para el mejoramiento del campo natural en el sur de Corrientes-Argentina. 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^a., 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 31-38 (Serie Técnica no. 94).
98. Parsi, J. 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. (en línea). In: Curso de Producción Animal (2009, Río

Cuarto). Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. Río Cuarto, UNRC. FAV. s.p. Consultado feb. 2016. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf.

99. Peirano, M. E.; Rodríguez, A. D. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el periodo otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.
100. Perdomo, C.; Barbazán, M. 1999. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 71 p.
101. Pigurina, G.; Soares De Lima, J. M.; Berretta, E. J.; Montossi, F.; Pittaluga, O.; Ferreira, F.; Silva J. A. 1998. Características del engorde a campo natural. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 137-145 (Serie Técnica no. 102).
102. Pizzio, R. M.; Pallarés, O.R. 1994. Utilización y manejo de los pastizales del ecosistema Campos de Argentina. *In*: Puignau, J. P. ed. Utilización y manejo de pastizales. Montevideo, IICA-PROCISUR. pp. 115-126.
103. Reffati, M.; Mezzalira, J.; Silva, C.; Devicenzi, T.; Schimidt, F.; Adami, P.; Carvalho, P. 2008. Produção de forragem em função da manipulação estacional da oferta de forragem em pastagem natural do sul do Brasil. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a, 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, s.e. p. 211.
104. Risso, D. F; Morón, A. 1990. Evaluación de mejoramientos extensivos de pasturas naturales en suelos sobre Cristalino (1984-1990). *In*: Seminario Nacional de Campo Natural (2^a, 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 205-218.
105. _____. 1998. 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^a, 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 23-28 (Serie Técnica no. 94).

106. _____.; Berretta, E. J.; Zarza, A.; Cuadro, R. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engorde de novillos en la Región de Cristalino. In: Mejoramientos de Campo en la Región de Cristalino; Fertilización, Producción de Carne y Persistencia Productiva (2002, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 3-30 (Serie Técnica no. 129).
107. Rodríguez Palma, R.; Saldanha, S.; Andión, J.; Vergnes, P. 2004a. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto. 1. Producción de forraje. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campo (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, s.e. pp. 298-299.
108. _____.; _____.; _____.; _____. 2004b. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto. 2. Producción animal. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo campo (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, s.e. pp. 318-319.
109. _____.; Rodríguez, T.; Andión, J.; Vergnes, P. 2008a. Fertilización de campo natural; respuesta en producción animal. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 198.
110. _____. 2008b. Fertilización de campo natural; respuesta en producción de forraje. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 197.
111. Rogler, G. A.; Lorenz, R. J. 1957. Nitrogen fertilization of northern Great Plains. *Journal of Range Management*. 10 (4): 156-160.
112. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. División Publicaciones y Ediciones. 86 p.
113. Scaglia, G. 1995. Aspectos nutricionales en el uso de los mejoramientos. In: Ayala, W.; Carámbula, M.; Scaglia, G. eds.

Mejoramientos extensivos; manejo y utilización. Treinta y Tres, INIA. pp. 19-25 (Actividades de Difusión no. 75).

114. Setelich, E. 1994. Potencial produtivo de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul, submetida a distintas ofertas de forragem. Teses Master em Zootecnia. Rio Grande do Sul, Brasil. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomia. 169 p.
115. Sevrini, M.; Zanoniani, M. 2011. 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. 99 p.
116. Silva, R.; Siewerdt, L.; Siewerdt, F.; Junior, P. 1994. Efeitos e quatro doses e fracionamentos de nitrogênio para avaliar o potencial de produção de feno, de um campo natural de planossolo, no Rio Grande do Sul. In: Reunião Anual da SBZ (31ª., 1994, Maringa). Trabalhos apresentados. Paranã, s.e. p. irr.
117. Simposio de Forrageiras e Producao Animal (1º., 2006, Porto Alegre). 2006. Anais. Canoas, RS, ULBRA. 160 p.
118. Soares, A.; Semmelmann, C.; Kuhn Da Trindade, C.; Guerra, E.; De Freitas, T.; Frizzo, A.; De Faccio, C.; Nabinger, C.; Pinto, C.; Fontoura, J. 2005. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciência Rural*. 35 (5): 1148-1154.
119. Stuth, J.; Chmielewski, R. 1981. Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by the grazing animal. *Grass and Forage Science*. 36 (1): 9-15.
120. Tothill, J. C. 1978. Measuring botanical composition of grasslands. In: Mannerje, L. ed. Measurements of grassland vegetation and animal production. Hurley, s.e. pp. 22-55.
121. _____; Hargreaves, J. N. G.; Jones, R. N.; 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.
122. Ustarroz, E.; Latimori, N.; Peuser, R. 1997. Módulo de programación forrajera. Alimentación en bovinos para carne. In: Curso de

Capacitación para Profesionales (4º., 1997, Córdoba). Trabajos presentados. Manfredi, Córdoba. s.e s.p.

123. Whitehead, D.C. 1994. Grassland nitrogen. Wallingford, UK, CABI. 397 p.
124. _____. 1995. Grassland nitrogen. Wallingford, UK, CABI. 397 p.
125. _____. 2000. Nutrient elements in grassland; soil-plant-animal relationship. Wallingford, UK, CABI. 363 p.
126. Wilman, D.; Wright, P.I. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 53 (8): 387-393.
127. 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 (14ª., 1998, Montevideo, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 97-107.
128. Zanoniani, R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.
129. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. *Agrociencia* (Montevideo). 15 (1): 1-12.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Balance Hídrico calculado para 86 mm de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo cada 15 días.

Balance Hídrico del suelo

Localidad: Paysandú

Año: 2014-2015

Lámina: 86 mm

Suelo: Brunosol Eútrico Típico

	Precip. (mm)	ETP (mm)	kc	ETR (mm)	P - ETR (mm)	ALM. (mm)	Var. ALM (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
30/11/2014						86	Vi= 0		
01-15/12	50,2	66,42	0,9	59,8	-9,6	76,4	-9,6	0	0
16-31/12	101,7	81,18	0,9	73,1	28,6	86,0	9,6	0	19,06
01-15/01/2015	216,9	68,03	0,9	61,2	155,7	86,0	0,0	0	155,7
16-31/01	71,1	81,42	0,9	73,3	-2,2	83,8	-2,2	0	0
01-15/02	8,4	78,14	0,9	70,3	-61,9	21,9	-61,9	0	0
16-28/02	53,2	53,32	0,9	48,0	5,2	27,1	5,2	0	0
01-15/03	47,9	63,52	0,7	44,5	3,4	30,5	3,4	0	0
16-31/03	0,6	58,37	0,7	40,9	-40,3	0,0	-30,5	9,7	0
01-15/04	0	58,17	0,7	40,7	-40,7	0,0	0,0	40,7	0
16-30/04	37,1	46,64	0,7	32,6	4,5	4,5	4,5	0	0
01-15/05	117,7	31,89	0,7	22,3	95,4	86,0	81,5	0	0
16-31/05	16,6	33,02	0,7	23,1	-6,5	79,5	-6,5	0	0

Anexo No. 2. Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III) para variables de producción primaria en el período total.

F.V.	g.l.	Suma de Cuadrados									
		ProdT	TC	Disp	AltD	Rem	AltR	DesP	Des	Of	AltX
Modelo	19	29118229	8093	11472068	330	6361486	374	6151007	3559	1132	321
Bloq.	3	2445534	925	2845409	99	2700250	200	2258545	1407	225	135
Trat.	3	2075437	473	1021541	12	1017925	35	431013	472	785	20
Est.	1	17643285	5064	4940796	183	49087	61	2673828	780	19	113
Bloq.*Trat.	9	5512947	1306	2614285	34	2359923	72	719583	750	95	47
Trat.*Est.	3	1441025	324	50038	4	234302	7	68037	148	8	4
Error	12	9461962	3399	2964439	37	5234512	36	1493661	1685	258	34
Total	31	38580191	11492	14436508	367	11595998	410	7644668	5244	1391	356

Anexo No. 3. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) para variables de producción primaria en el período estival.

F.V.	g.l.	Suma de Cuadrados									
		ProdT	TC	Disp	AltD	Rem	AltR	DesP	Des	OF	AltX
Modelo	6	7896625	3247	4744051	110	4458862	185	1974389	678	663	138
Bloq.	3	5075438	2520	4328221	108,5	4174563	178	1745254	563	208	134
Trat.	3	2821187	727	415831	1,5	284299	8	229134	114	455	3
Error	9	5485431	1872	1902399	26	1783900	36	1369728	901	145	27
Total	15	13382056	5119	6646450	136	6242763	221	3344117	1579	808	165

Anexo No. 4. Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III) para variables de producción primaria en el período otoñal.

F.V.	g.l.	Suma de Cuadrados									
		ProdT	TC	Disp	AltD	Rem	AltR	DesP	Des	OF	AltX
Modelo	6	7896625	3247	4744051	110	4458862	185	1974389	678	663	138
Bloq.	3	5075438	2520	4328221	108,5	4174563	178	1745254	563	208	134
Trat.	3	2821187	727	415831	1,5	284299	8	229134	114	455	3
Error	9	5485431	1872	1902399	26	1783900	36	1369728	901	145	27
Total	15	13382056	5119	6646450	136	6242763	221	3344117	1579	808	165

Anexo No. 5. Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de variables de producción primaria en el periodo total.

Variable	Trat.	g.l.	Contraste	Suma de Cuadrados
ProdT	N vs N1	1	-1702	3864222
TC	N vs N1	1	-33	1419,71
Disp	N vs N1	1	-1839	4508399
AltD	N vs N1	1	-9	97,76
Rem	N vs N1	1	-1607	3441903
AltR	N vs N1	1	-9	115
DesP	N vs N1	1	-445	264775
des	N vs N1	1	1	1
OF	N vs N1	1	-26	928
cargai	N vs N1	1	-638	541963,3
Cargatot	N vs N1	1	995	1319582
AltX	N vs N1	1	-9	106

Anexo No. 6. Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III) para las variables de carga en los diferentes periodos.

F.V.	g.l.	Período total		Verano		Otoño	
		cargai	Cargatot	cargai	Cargatot	cargai	Cargatot
Modelo	19	22879273	1588930	13561952	1111012	13561952	1111012
Bloq.	3	952564	10265	2132861	13100	2132861	13100
Trat.	3	10433930	902504	11429091	1097913	11429091	1097913
Est.	1	6680711	238395	-	-	-	-
Bloq.*Trat.	9	2295238	150971	-	-	-	-
Trat.*Est.	3	2516830	286795	-	-	-	-
Error	12	3368894	35720	3230556	132137	3230556	132137
Total	31	26248167	1624650	16792508	1243149	16792508	1243149

Anexo No. 7. Cuadro de análisis de varianza (S.C. tipo III) para ganancia media diaria (GMD) en los diferentes periodos.

F.V.	gl	SC GMD Verano	gl	SC GMD Otoño	SC GMD Total
Modelo	4	0,16	3	0,13	0,04
Trat.	3	0,12	3	0,13	0,04
Edad	1	0,11	-	-	-
Error	8	0,14	8	0,11	0,1
Total	12	0,31	11	0,24	0,14

Anexo No. 8. Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de ganancia media diaria (GMD) en el periodo total.

Periodo	Variable	Trat.	g.l.	Contraste	SC
Total	GMD	N vs N1	1	-0,7	0,29
Verano	GMD	N vs N1	1	-1,33	1,06
Otoño	GMD	N vs N1	1	-0,14	0,01

Anexo No. 9. Cuadro de análisis de la Varianza (S.C. tipo III) para variables de composición botánica según tratamiento.

F.V.	g.l.	Suma de Cuadrados											
		MSTD	MSVD	Leg	Pnot	GETF	GEOD	GI	Hier	RS	CobSD	CobMCS	CobEh
Modelo	19	8510381	2777	51,9	1089	1633	629	1651	28,4	2777	38,0	72,1	45,5
Trat.	3	974309	44,7	11,3	306	73	102	282	7,7	45	0,8	8,2	7,1
Est.	1	1575313	1308	1,0	172	218	32	6	1,3	1308	6,7	0,0	24,3
Bloq.	3	3124841	1040	8,1	297	360	149	262	2,7	1040	6,1	50,6	6,5
Trat.*Est.	3	202457	4,2	9,3	30	18	57	65	4,1	4,2	7,8	3,1	4,0
Trat.*Bloq.	9	2633462	381	22,3	285	963	289	1038	12,6	381	16,6	10,2	3,6
Error	12	2934399	755	7,9	412	236	83	247	14,5	755	15,4	10,9	12,8
Total	31	11444781	3532	59,8	1501	1869	712	1898	42,9	3532	53,5	83,0	58,3

Anexo No. 10. Análisis de la Varianza (S.C. tipo III) para variables de composición botánica según tratamiento e historia de intervención.

F.V.	g.l.	Suma de Cuadrados											
		MSTD	MSVD	Leg	Pnot	GETF	GEOD	GI	Hier	RS	CobSD	CobMCS	CobEh
Modelo	15	8956180	4330	161,1	1063	2544	478	1914	657,7	4330	41,5	47,3	72,1
Bloq.	5	6551193	2538	114,9	472	1367	279	1439	521,6	2538	19,1	24,2	62,4
Trat.	2	110365	29	12,4	113	55	19,1	68,1	88,5	29	0,4	1,6	3,4
Est.	1	1698482	1343	17,8	248	382	28,7	7,4	8,3	1343	3,3	3,7	0,1
Bloq.*Trat.	4	294395	350	9,1	184	716	28,4	317	34	350	10,1	2,9	5
Trat.*Est.	3	301745	70	6,9	46	24	122,8	82,2	5,3	70	8,6	14,9	1,2
Error	32	1134564	3171	41,7	1422	1617	301	1180	157,7	3171	63,8	62,2	36,2
Total	47	10090744	7501	202,8	2485	4161	778,9	3094	815,4	7501	105,3	109,5	108,3