

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y MEJORAMIENTO DE
CAMPO NATURAL SOBRE LA PRODUCTIVIDAD INVIERNO-PRIMAVERAL**

por

María Eugenia DUHALDE ODERA

María Inés SILVEIRA SILVA

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2018

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. David Silveira

Fecha: 11 de abril de 2018

Autores: -----

María Eugenia Duhalde

María Inés Silveira

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía, Universidad de la República por formarnos como profesionales durante todos los años de carrera.

A la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía por brindarnos todas las herramientas necesarias para llevar a cabo el trabajo final.

Al Ing. Agr. Pablo Boggiano por la orientación y apoyo durante la realización de nuestra tesis.

A los funcionarios de la EEMAC, en particular a los de ganadería, por la ayuda brindada durante la etapa experimental del trabajo.

A nuestras familias por el apoyo continuo durante toda la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IX
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL.....	3
2.2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	4
2.2.1. <u>En la producción primaria</u>	5
2.2.2. <u>En la variabilidad de la producción</u>	7
2.2.3. <u>En la tasa de crecimiento</u>	8
2.2.4. <u>En la composición botánica</u>	9
2.2.5. <u>En la calidad de la pastura</u>	12
2.2.6. <u>En la producción secundaria</u>	13
2.2.7. <u>Interacción N x intensidad de pastoreo</u>	14
2.3. EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSAS.....	16
2.3.1. <u>En la producción primaria</u>	17
2.3.2. <u>En la tasa de crecimiento</u>	18
2.3.3. <u>En la composición botánica</u>	19
2.3.4. <u>En la calidad de la pastura</u>	20

2.3.5. <u>En la producción secundaria</u>	21
2.4. VARIABLES DE MANEJO DEL PASTOREO	22
2.4.1. <u>Efecto de la intensidad de pastoreo</u>	23
2.4.1.1. En la producción primaria	23
2.4.1.2. En la composición botánica	23
2.4.1.3. En la producción secundaria.....	24
2.4.2. <u>Efecto del método de pastoreo</u>	26
2.4.2.1. En la producción primaria	26
2.4.2.2. En la composición botánica	27
2.4.2.3. En la calidad de la pastura.....	30
2.4.2.4. En la producción secundaria.....	30
2.5. HIPÓTESIS BIOLÓGICA.....	31
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	32
3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES	32
3.1.1. <u>Localización del sitio experimental</u>	32
3.1.2. <u>Caracterización del sitio experimental</u>	32
3.1.2.1. Suelos.....	32
3.1.2.2. Vegetación.....	33
3.1.2.3. Antecedentes del pastoreo	33
3.1.3. <u>Descripción de los tratamientos</u>	33
3.1.4. <u>Diseño experimental</u>	34
3.1.5. <u>Animales experimentales</u>	35
3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	36

3.2.1. <u>Manejo del pastoreo</u>	36
3.2.2. <u>Determinaciones en producción primaria</u>	36
3.2.2.1. Materia seca presente	36
3.2.2.2. Materia seca producida.....	37
3.2.2.3. Tasa de crecimiento diaria	37
3.2.2.4. Materia seca disponible	38
3.2.2.5. Materia seca remanente	38
3.2.2.6. Altura de forraje disponible y remanente	38
3.2.2.7. Materia seca desaparecida.....	38
3.2.3. <u>Determinaciones en composición botánica</u>	38
3.2.4. <u>Determinaciones en producción secundaria</u>	39
3.2.4.1. Carga	39
3.2.4.2. Peso vivo	39
3.2.4.3. Ganancia media diaria animal	39
3.2.4.4. Ganancia por hectárea	40
3.2.4.5. Oferta de forraje.....	40
3.3. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	40
3.4. MODELO ESTADÍSTICO	40
3.4.1. <u>Modelo estadístico de la pastura</u>	40
3.4.2. <u>Modelo estadístico animal</u>	41
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	42
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	42
4.1.1. <u>Temperatura</u>	42

4.1.2. <u>Precipitaciones</u>	43
4.1.3. <u>Balance hídrico</u>	43
4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1.....	45
4.2.1. <u>Producción primaria</u>	45
4.2.1.1. Total del período.....	45
4.2.1.2. Invierno.....	47
4.2.1.3. Invierno–primavera	48
4.2.1.4. Primavera	50
4.2.2. <u>Composición botánica</u>	53
4.2.2.1. Total del período.....	53
4.2.2.2. Invierno.....	58
4.2.2.3. Invierno–primavera	62
4.2.2.4. Primavera	67
4.2.3. <u>Producción secundaria</u>	72
4.2.3.1. Total del período.....	72
4.2.3.2. Invierno.....	75
4.2.3.3. Invierno–primavera	77
4.2.3.4. Primavera	78
4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2.....	80
4.3.1. <u>Producción primaria</u>	80
4.3.1.1. Total del período.....	80
4.3.1.2. Invierno.....	81
4.3.1.3. Invierno-primavera.....	82

4.3.1.4. Primavera	83
4.3.2. <u>Composición botánica</u>	85
4.3.2.1. Total del período	85
4.3.2.2. Invierno-primavera	94
4.3.2.3. Primavera	101
4.3.3. <u>Producción secundaria</u>	108
4.3.3.1. Total del período	108
4.3.3.2. Invierno-primavera	110
4.3.3.3. Primavera	111
4.4. CONSIDERACIONES FINALES	113
5. <u>CONCLUSIONES</u>	117
6. <u>RESUMEN</u>	118
7. <u>SUMMARY</u>	120
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	122
9. <u>ANEXOS</u>	138

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período.....	45
2. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el total del período.....	46
3. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período invierno.....	47
4. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el período invierno.....	48
5. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período invierno-primavera	48
6. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el período invierno-primavera.....	50
7. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período primavera.....	50
8. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el período primavera	52
9. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el total del período	53

10. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el total del período.....54
11. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio según tratamiento en total del período55
12. Materia seca remanente en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el total del período56
13. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el total del período.....56
14. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje remanente promedio según tratamiento en el total del período57
15. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno58
16. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno.....58
17. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio según tratamiento en el período invierno59
18. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno60

19. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno.....61
20. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje remanente promedio según tratamiento en el período invierno61
21. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno–primavera62
22. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno-primavera.....63
23. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio según tratamiento en el período invierno-primavera64
24. Materia seca remanente en kg/ha de MS (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno-primavera65
25. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno-primavera.....66
26. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje remanente promedio según tratamiento en el período invierno-primavera67

27. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período primavera.....67
28. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en primavera68
29. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio según tratamiento en el período primavera69
30. Materia seca remanente en kg MS/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período primavera.....70
31. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período primavera70
32. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje remanente promedio según tratamiento en el período primavera71
33. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en el total del período72
34. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en invierno75
35. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en invierno-primavera77

36. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en primavera.....78
37. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje del forraje desaparecido (Des.) en el total del período80
38. Medias de resumen de la materia seca disponible (MSD) y materia seca remanente (MSR) de los distintos tratamientos presentando sus respectivas medias y los percentiles 5 y 95% de los mismos en invierno81
39. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje del forraje desaparecido (Des.) en invierno-primavera82
40. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje del forraje desaparecido (Des.) en primavera.....83
41. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en el total del período.....85
42. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD),

leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en el total del período	86
43. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y <i>Eryngium horridum</i> (Eh) del forraje disponible promedio en el total del período	89
44. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en el total del período.....	90
45. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en el total del período	91
46. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y <i>Eryngium horridum</i> (Eh) del forraje remanente promedio en el total del período	93
47. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en invierno-primavera	94
48. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en invierno-primavera	95

49. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio en invierno-primavera97
50. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en invierno-primavera98
51. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en invierno-primavera99
52. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje remanente promedio en invierno-primavera100
53. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en primavera.....101
54. Efecto de historia de fertilización como de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en primavera102
55. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio en primavera.....104

56.	Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en el período primavera	105
57.	Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en primavera	106
58.	Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y <i>Eryngium horridum</i> (Eh) del forraje remanente promedio en primavera	107
59.	Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en el total del período	108
60.	Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en el período invierno-primavera	110
61.	Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en primavera	111

Figura No.

1.	Croquis del área experimental	35
2.	Temperatura máxima, mínima y media entre mayo y noviembre de 2016 y las medias de los mismos meses del período 2002-2015	42
3.	Precipitaciones mensuales del período de evaluación y promedio históricas 2002-2015 en milímetros (mm)	43

4. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm) y evapotranspiración real (ETR), con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%) y períodos de déficits-excesos hídricos entre el 15 de abril y el 30 de noviembre.....44
5. Ganancia media diaria animal (kg/animal/día) en función de la oferta de forraje (% PV) según tratamiento en todos los períodos evaluados.....74
6. Aporte relativo de gramíneas perennes y anuales al total producido por la fracción gramínea y relación gramíneas anuales/gramíneas perennes del período total88

1. INTRODUCCIÓN

El campo natural es, desde los comienzos de la ganadería, la base forrajera sobre la cual se sustenta la producción pecuaria nacional. La superficie destinada a la ganadería demuestra una sostenida disminución en las últimas décadas, presentando actualmente 13,4 millones de hectáreas, de las cuales un 78% corresponden a campo natural (MGAP. DIEA, 2011).

Los sistemas ganaderos que se mantienen principalmente del campo natural están sujetos a la producción del mismo, la cual está determinada por el potencial del suelo y por las condiciones climáticas. Dado que en Uruguay el régimen climático es irregular tanto intra como inter anual, la predictibilidad de su producción es muy baja (Carámbula, 2008).

La interacción entre clima, suelo y utilización de la pastura determinan que en Uruguay predomine una vegetación herbácea representada por una gran diversidad de especies. Esta vegetación tiene como características comunes una baja participación de leguminosas, mayor proporción de gramíneas estivales en relación a las invernales, y por último, al ser los suelos moderadamente ácidos y de bajo contenido de nutrientes, la productividad es limitada en los períodos de baja actividad biológica (Berretta 1995, Carámbula, citado por Zanoniani et al. 2011). Estas características determinan que el campo natural presente una escasa producción invernal y baja calidad del forraje ofrecido en primavera-verano. A su vez, el pastoreo a carga continua ha provocado la degradación, y por lo tanto, una disminución de la productividad del ecosistema pastoril (Zanoniani et al., 2011).

Para que este recurso perdure en el tiempo de forma sustentable, sería necesario levantar dichas limitantes, a través del incremento en la producción tanto en cantidad como calidad, y corrigiendo la marcada estacionalidad de producción del mismo. Los mejoramientos extensivos y el manejo de la frecuencia de pastoreo son herramientas que podrían hacer posible el incremento del potencial de producción del campo natural.

1.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente trabajo es evaluar la respuesta invierno-primaveral del campo natural a la fertilización nitrogenada (N) y la introducción de leguminosas, en ambos casos fertilizados con fósforo (P), bajo pastoreo rotativo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar y comparar la producción de forraje del campo natural frente a los tratamientos fertilizados y mejorados con leguminosas.

Evaluar y comparar la composición botánica del campo natural frente a los tratamientos fertilizados y mejorados con leguminosas.

Evaluar y comparar la ganancia de peso individual de novillos Holando pastoreando sobre campo natural, campo natural fertilizado con nitrógeno y campo natural mejorado con leguminosas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL

El campo natural se caracteriza por ser un complejo mosaico constituido por un gran número de especies que se adaptan a las condiciones cambiantes del material geológico, suelo, topografía y efecto del manejo del pastoreo, variando su frecuencia y sus hábitos ecológicos y fisiológicos (Millot et al., 1987).

La producción de forraje anual de las pasturas naturales varía de acuerdo al tipo de suelo entre 800 y 4000 kg/ha de materia seca (MS) para suelos superficiales sobre Basalto y suelos profundos sobre Capas de Fray Bentos respectivamente (Carámbula, 2008). Dicha producción se concentra principalmente en primavera-verano, siendo en promedio de 80% en campos arenosos y 65% en vegetaciones con un pico de crecimiento otoñal. El aporte invernal varía entre 6% en suelos arenosos a 16% en suelos de Basalto (Bemhaja, citado por Berretta 1995, Boggiano et al. 2008). La marcada estacionalidad en la producción, acompañado de una carga animal y relación lanar/vacuno constante a lo largo del año, determinan períodos de sobrepastoreo en épocas de escasez y subpastoreo en épocas de abundancia, lo que limita la productividad del sistema (Carámbula, 2008).

El principal componente del campo natural son las gramíneas de bajo y mediano porte, seguido por dicotiledóneas dentro de la que se destacan las leguminosas y las compuestas, y otras especies gramínoideas como ciperáceas y juncáceas (Millot et al. 1987, Del Puerto, citado por Carámbula 2008).

Los suelos uruguayos, en su mayoría, carecen de nutrientes como N y P, lo que determina la abundancia de gramíneas tipo C4 (estivales) ya que éstas usan más eficientemente el N y el agua que las especies tipo C3 (invernales), y en consecuencia poseen una mayor adaptación a suelos de baja fertilidad y sequía. Los suelos más fértiles y profundos son los que ofrecen una distribución estacional más equilibrada (Del Puerto 1969, Carámbula 2008).

Por lo mencionado anteriormente, existe un predominio de especies de ciclo estival que explica la mayor producción de forraje en primavera y verano. Si bien en otoño e invierno aumenta la participación relativa de las especies invernales, éstas nunca llegan a superar a las estivales (Berretta, 1995).

A pesar de que el valor nutritivo de las pasturas no sería limitante en la mayoría de los casos, la digestibilidad es relativamente baja, pudiendo alcanzar

valores menores a 50% como consecuencia de los aspectos morfológicos y fisiológicos de las especies estivales predominantes (Carámbula, 2008).

Debido a la alta variabilidad de la producción entre estaciones anteriormente mencionada, Pigurina et al. (1998) destacaron la gran variación estacional en la ganancia de peso, altamente dependiente de la cantidad de forraje disponible, que interacciona con los requerimientos nutricionales de las diferentes épocas del año. Esto se refleja en los resultados obtenidos por los mismos autores en la ganancia media diaria/animal con cargas de 0,8 UG/ha y relación L/V 2:1, las cuales fueron 0,177, -0,151, 0,797 y 0,383 kg/animal/día para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente.

Carámbula (2008) concluye que la principal limitante del campo natural es la cantidad de forraje disponible y su distribución estacional, especialmente durante invierno, período en el cual los bajos rendimientos de las pasturas restringen el consumo, generando así un déficit energético en los animales. Esto determina que en la mayoría de las situaciones de la producción sobre campo natural en Uruguay se generen pérdidas de peso animal durante invierno, limitando el potencial de producción de los campos del país. Esto se refleja en que el promedio nacional de producción anual en carne equivalente no supere los 70 kg/ha (Risso, citado por Carámbula, 2008).

2.2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Los suelos uruguayos presentan deficiencias de nutrientes como N y P, lo que afecta el potencial de crecimiento del campo natural, siendo el N el más limitante en la producción de forraje (Castells 1974, Ayala y Carámbula 1994a).

El porcentaje de N de los suelos uruguayos varía entre 0,1 a 0,3% en el horizonte superficial y el contenido de P Bray N° 1 oscila entre 1 a 6 ppm (Millot et al. 1987, Morón, citado por Pirez 2012). Para que un campo natural alcance producciones de 2000 a 4000 kg/ha de MS, son necesarios 50 kg/ha de N y 5 kg/ha de P (Perdomo y Barbazán, 2012).

Al ser las gramíneas el principal componente de las pasturas naturales, el efecto que genera el agregado de N es de gran importancia debido a que las gramíneas, cuando no existen condiciones limitantes de N, compiten mejor que otras especies por los recursos luz y agua (Ayala y Carámbula 1994a, Perdomo y Barbazán 2012).

La fertilización nitrogenada permite que la producción en 1 ha fertilizada sea equivalente a la producción de 3,5 ha sin fertilizar. Esto podría tomarse

como medida de manejo para controlar el déficit de forraje que ocurre en determinados períodos del año en los sistemas ganaderos (Boggiano et al., 2000c).

2.2.1. En la producción primaria

El campo natural fertilizado con N aumenta sustancialmente la producción de forraje en relación a un campo natural sin fertilizar. La producción tiene una respuesta lineal al incrementar la dosis de N, siendo más evidente hasta el tercer año de aplicación (Hanisch et al., 2008).

Mason y Miltimore, citados por Bottaro y Zavala (1973) afirman que la fertilización nitrogenada genera aumentos significativos en la producción, pero dicha respuesta dependerá de la textura del suelo y la condición de la pastura del área a fertilizar.

En pasturas que están constituidas principalmente por especies estivales, el uso de N tiende de magnificar la estacionalidad del campo natural, ya que dichas especies presentan mayor eficiencia fotosintética y en el uso de agua y N. En invierno, debido al ciclo biológico de las especies, las bajas temperaturas, las heladas y el exceso hídrico en el suelo, la utilización del N es baja, por lo que la producción de materia seca no genera un aporte tal que permita cubrir las necesidades de los animales. Este déficit de forraje podría ser cubierto con fertilizaciones tempranas en el otoño, lo que permitiría diferir forraje en pie (Millot et al. 1987, Ayala y Carámbula 1994a).

Berretta (2005b), fertilizando con N y P, encontró que el aumento en producción puede ser de hasta un 60%. Por su parte, Rodríguez Palma et al. (2009), en el promedio de siete años, obtuvieron que la producción anual de forraje fue 29% superior cuando se fertilizó con 100 kg/ha de N, fraccionados en otoño y fines de invierno.

Correa et al. (2004), evaluando la fertilización de campo natural a diferentes dosis de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha de N), encontraron que la máxima producción fue de 5421 kg/ha de MS con fertilizaciones de 200 kg/ha de N, siendo la misma 194% superior al testigo (2789 kg/ha de MS). Con dosis de 50 kg/ha de N no existieron diferencias significativas con el tratamiento sin agregado de N. La producción con aplicaciones de 100 y 150 kg/ha de N fue superior al testigo, 4236 y 4570 kg/ha de MS respectivamente, pero sin existir diferencias significativas entre ellas. Cabe destacar que todos los tratamientos fueron corregidos con CaCO_3 , P_2O_5 y K_2O .

Ayala y Carámbula (1994a), en suelos de la Unidad Alférez, encontraron que la respuesta de las pasturas varió según la estación en que se aplicó el N, siendo la misma mayor en verano, 14 kg/ha de MS por kg de N agregado, y menor en invierno, 1,5 kg/ha de MS por kg de N agregado. En cambio, Zanoniani et al. (2011), en suelos de la Unidad San Manuel, obtuvieron que la eficiencia en el invierno es de 16 kg/ha de MS, explicado principalmente por el gran porcentaje de especies que presentan alta respuesta al agregado de N, como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*. Por su parte, Álvarez et al. (2013), en los mismos suelos, encontraron que la respuesta al agregado de N en producción de forraje anual fue de 46 kg/ha por kg N.

En la producción de materia seca, existe una interacción entre N y P significativa que determina que el agregado de ambos nutrientes en conjunto sea más eficiente que la aplicación de éstos por separado (Stoddartef et al., citados por Berretta et al., 1998b).

En relación a esto, Celebi et al. (2011) demostraron que con aplicaciones conjuntas de N y P el rendimiento siempre es significativamente superior al que se obtiene cuando dichos elementos son aplicados de forma individual, independientemente de la dosis utilizada. Los autores recomiendan como dosis óptima 80 kg/ha de N y 60 kg/ha de P_2O_5 .

En la misma línea, Norman, citado por Bottaro y Zavala (1973) encontró que la producción tuvo un aumento significativo únicamente cuando ambos nutrientes se aplicaron en conjunto. El incremento promedio de la producción fue 61% en relación a la media de los tratamientos que incluyeron uno sólo de los nutrientes o ninguno de ellos. Los resultados obtenidos por Bottaro y Zavala (1973) en Pradera Parda sobre Formación Fray Bentos, muestran que con 320kg/ha de P_2O_5 la producción fue de 1510 kg/ha de MS, pero cuando dicha dosis se combina con 320 kg/ha de N, la producción aumenta a 4790 kg/ha de MS.

Burgos (1974) observó que la respuesta al agregado de N y P en la producción de forraje es más marcada en invierno que en primavera. Además, en esta última estación, encontró una alta respuesta al agregado de N en forma individual.

Por otra parte, Ayala y Carámbula (1994a), Bermúdez y Ayala (2005) fertilizando con N, P y K, demostraron que el agregado de P y K individualmente no tuvo repuesta significativa en la producción de forraje anual, pero si en el caso del N. A pesar de ello, debido a la interacción de los tres nutrientes,

cuando son aplicados en conjunto, se obtienen rendimientos 253 a 300% superiores.

2.2.2. En la variabilidad de la producción

La fertilización nitrogenada tiene un efecto acumulativo en la producción anual de forraje. Berretta et al. (1998b), en suelos de Basalto, encontraron que la diferencia entre el tratamiento fertilizado y sin fertilizar en el crecimiento de forraje durante el primer año fue de 27%, mientras que con el aumento del número de aplicaciones estas diferencias alcanzaron hasta un 75%. Esto se debe a que la eficiencia de utilización del nitrógeno en el primer año de aplicación es de 7,5 kg MS por cada de kg N aplicado, y en el segundo y tercer año aumenta a 22,3 y 23 kg/kg N respectivamente.

Mason y Miltimore, citados por Álvarez et al.(2013) observaron una tendencia similar en pasturas dominadas por *Agropyron smithii* y *Poa pratensis* fertilizadas con 60 kg/ha de N. En el primer año registraron incrementos en la producción de materia seca de hasta 65%, mientras que en el segundo la diferencia alcanzó 154%, con respecto al testigo.

Mason y Miltimore (1969), en British Columbia, evaluaron la producción de forraje con una única aplicación comparando dos dosis de nitrógeno (67 y 266 kg/ha de N) durante cuatro años. En promedio, el rendimiento anual encontrado fue de 568 kg/ha de MS en el testigo sin fertilizar, y de 786 y 988 kg/ha de MS a bajas y altas dosis de N respectivamente. A pesar de la acotada diferencia en la producción de los tratamientos fertilizados, aplicaciones de 266 kg/ha de N demostraron que los incrementos en rendimiento a través de los años fueron más duraderos que con 66 kg/ha de N. En el primer, segundo, tercer y cuarto año dichos incrementos, con bajas dosis, fueron de 68, 35, 14 y 6% respectivamente, mientras que con altas dosis, éstos fueron de 73, 58, 92 y 101%.

Houston y Hyder (1975), con una única aplicación de altas dosis de N (224, 448 y 672 kg/ha de N), encontraron que el aumento en producción del primer año fue el menor, si se compara con los 3 años siguientes analizados, y el mayor en el segundo con un incremento que varió entre 72 y 125% con la mínima y máxima dosis aplicada. Por otro lado, el promedio de producción en los 4 años aumentó entre 53 y 87%.

En cambio KouKoura et al., citados por Álvarez et al. (2013) obtuvieron que durante los tres años de evaluación la producción fue mayor en los

tratamientos fertilizados, aunque la misma fue significativamente superior únicamente en el año de aplicación.

2.2.3. En la tasa de crecimiento

De los diferentes factores que afectan la tasa de crecimiento de una pastura, el N es el de mayor impacto. La aplicación de este nutriente tiene efecto favorable en la tasa de crecimiento y densidad de macollos, cuando las condiciones no son limitantes. Esto se traduce en un aumento en el crecimiento de la pastura de 39%, como consecuencia del incremento en 13 % de la tasa de crecimiento por macollo y 21 % en la densidad de los mismos, cuando la dosis de N aplicada es elevada (Mazzanti et al., citados por Azanza et al., 2004). Esta respuesta en la tasa de crecimiento genera un aumento significativo en la producción de materia seca disponible (Boggiano et al., 2000c).

Boggiano et al. (2000c), obtuvieron que con aplicaciones de altas dosis de N (170 y 200 kg/ha de N), la tasa de crecimiento alcanzó valores de hasta 20 kg/ha/día de MS a bajas ofertas de forraje (OF) y 12 kg/ha/día de MS con OF mayores. Esto se debe a que el agregado de N acelera el ritmo de crecimiento, la reposición del área foliar es más rápida y por lo tanto el inicio del sombreado se da antes, lo que determina la necesidad de disminuir la OF o de ingresar antes a pastorear para un mejor aprovechamiento de la pastura (Agnusdei et al., Brougham, Mazzanti et al., citados por Zanoniani, 2009).

A su vez, Berretta (2005b) afirma que el aumento en la tasa de crecimiento diaria se mantiene durante todo el año, alcanzando en el invierno aumentos cercanos al 100%. A pesar de ello, incrementa la variabilidad de la misma en todas las estaciones, excepto en primavera.

Sobre campos de Basalto, Berretta et al. (1998b), encontraron que la tasa de crecimiento diaria primaveral con el agregado de N incrementó un 84%, siendo la máxima registrada de 35 kg/ha/día, mientras que sin fertilizar fue de 19 kg/ha/día. Esto afecta la producción de forraje de la estación, que en el caso del fertilizado supera los 1600 kg/ha de MS y en el testigo se aproxima a los 1000 kg/ha de MS.

Rodríguez Palma et al. (2009), también sobre campos de Basalto, observaron que la tasa de crecimiento del forraje con 100 kg/ha de N fue 40% superior en invierno, 46% en primavera y 15% en verano, en relación al testigo, cuando la dosis fue fraccionada en otoño y fines de invierno; no encontraron diferencias en otoño. Resultados similares obtuvieron Peirano y Rodríguez (2004) en el período otoño-invernal, en el que la tasa de crecimiento aumentó

significativamente un 43%, pasando de 9,8 kg/ha/día a 14 kg/ha/día con el agregado de 50 kg/ha de N.

Pirez (2012) demostró que la tasa de crecimiento de forraje para los meses de junio y julio no presenta diferencias significativas al comparar los tratamientos con agregado de N y sin fertilizar. En cambio, en los meses julio y agosto sí se observaron diferencias significativas a favor del fertilizado. Este aumento está relacionado a una mayor tasa de crecimiento por macollo y de elongación foliar. En el promedio de las especies la tasa de crecimiento por macollo incrementó 50% con la aplicación de 100 kg/ha de N. A su vez, en *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*, la tasa de elongación foliar aumentó 50% con el agregado de este nutriente. Anteriormente, Errandonea y Kuchman (2008), Caresani y Juanicotena, citados por Pirez (2012) encontraron una respuesta menor, de 25 y 12,5% respectivamente, para ambas especies. Contrario a esto, Azanza et al. (2004) no obtuvieron efecto de N sobre la tasa de elongación en *Bromus auleticus* durante primavera.

En tanto Rodríguez, citado por Zanoniani (2009) encontró que la fertilización nitrogenada incrementa 17% la tasa de elongación foliar en especies como *Lolium multiflorum* y *Stipa setigera*, tanto en invierno como en primavera, cuando se aplican 100 kg/ha de N. La eficiencia en el uso del N varía entre especies, por lo que las aplicaciones de este nutriente no serían igualmente aprovechadas por éstas (Whitehead, citado por Zanoniani, 2009).

2.2.4. En la composición botánica

La aplicación de fertilizante sobre las pasturas altera la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Esto modifica la distribución de las especies, ya que se favorece el desarrollo de las que se veían imposibilitadas de competir con aquellas más adaptadas a los bajos niveles de fertilidad del suelo, condición característica del campo natural (Bottaro y Zavala, 1973).

Con el aumento del nivel de nitrógeno del suelo según Berretta y Boggiano, citados por Zanoniani (2009), se incrementa la biodiversidad de especies. En cambio, Thurston et al., citados por Ríos (1996) afirman que con el agregado de nutrientes ocurre lo contrario.

Berretta et al. (1998b) encontraron que con el agregado de N el recubrimiento del tapiz vegetal se vio beneficiado por un mayor número de especies, mayor número de presencias por unidad de superficie y presentar las plantas un mayor tamaño y vigor.

Bemhaja et al. (1994b), Berretta et al. (1998b) sobre suelos de Basalto, demostraron que con el uso 90 kg/ha/año de N y 44 kg/ha/año de P₂O₅ se incrementa el nivel trófico del suelo. Cuando dicha dosis se fracciona en dos aplicaciones, una a comienzos de otoño y la otra a fines de invierno, la primera mitad favorece el rebrote y crecimiento de especies invernales de buena calidad, así como el alargamiento del período de crecimiento de especies estivales durante el otoño; y la segunda mitad continúa favoreciendo el crecimiento de las invernales y las estivales rebrotan antes. Ambas aplicaciones permiten reducir el período de bajo crecimiento invernal. Estos resultados se manifiestan cuando la presencia de especies invernales perennes de alta calidad se encuentra en una frecuencia relativa superior al 20%.

La fertilización fraccionada, a su vez, modifica la frecuencia relativa de las especies. Cuando se fertiliza con 100 kg/ha de N, incrementan en 25% las gramíneas invernales, ya que la fertilización es un estímulo para el desarrollo de pastos C3 que permiten una mejor producción invernal. En el caso de la *Stipa setigera* (especie invernal tierna-fina), incrementa su presencia con el agregado de N y con el aumento de la carga, ya que tolera bien el pastoreo (Berretta et al. 1998b, Berretta 2005b, Rodríguez Palma et al. 2009).

La misma respuesta a la fertilización nitrogenada en gramíneas invernales fue encontrada por Boggiano et al. (2005). A su vez, observaron un efecto sobre la composición botánica de las pasturas a distintas dosis de N y OF. Obtuvieron la misma respuesta tanto en altas dosis y bajas ofertas, como en bajas dosis y altas ofertas, donde la contribución de gramíneas invernales superó en más de 3 veces el aporte de gramíneas estivales, mejorando la calidad de la dieta ofrecida, cuando se encuentran especies finas y tiernas en el tapiz natural.

Pastos estivales productivos de buena calidad como *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* también incrementan su frecuencia con fertilizaciones nitrogenadas. El primero, al ser una especie de porte postrado, tiene mayor participación con cargas más altas, mientras que el desarrollo del segundo se ve favorecido con cargas menores. Por otro lado, las especies de tipo productivo ordinario se ven disminuidas, aunque en el caso de las ciperáceas aumentan con la fertilización y el contenido de humedad del suelo. Las leguminosas nativas aumentan su frecuencia relativa a valores cercanos al 5%, destacándose el *Desmodium incanum*. Las hierbas enanas aumentan durante el invierno, y más aún, con altas cargas (Berretta et al. 1998b, Gomes et al. 2002, Berretta 2005b).

En cambio Jones et al., Rumburg y Cooper, citados por Bottaro y Zavala (1973), observaron una marcada disminución del porcentaje de leguminosas nativas durante el año de aplicación del N. En los años posteriores a la aplicación no observaron dicha tendencia, por lo que el agregado de N no afectó de forma significativa la proporción de leguminosas en el tapiz.

Según Berretta et al. (1998b), Berretta (2005b) las malezas de campo sucio tienen una escasa participación y no aumentan con la fertilización, aunque Rodríguez Palma et al. (2009) observaron una reducción de las mismas. Por su parte, Ríos et al., citados por Ríos (1996) encontraron que el agregado de N y P altera el balance competitivo entre especies de malezas, lo que puede favorecer o disminuir su población, dependiendo de la maleza en cuestión.

Drawe y Box, citados por Bottaro y Zavala (1973) con niveles muy elevados de N, obtuvieron que se reduce significativamente el porcentaje de malezas y aumenta el de gramíneas en el primer año de aplicación. A partir de este, la situación se revierte sustancialmente, generando un marcado aumento en el porcentaje de malezas y un descenso de 89 a 55% en la contribución de gramíneas. Esto pudo explicarse por el bajo número de especies de gramíneas presentes. Según Liiv, citado por Bottaro y Zavala (1973), la fertilización nitrogenada continua durante 10 años genera un descenso de 70 a 40 en el número de especies que contribuyen al tapiz.

La presencia de gramíneas invernales puede aumentar con el agregado de N hasta dosis de 180 kg/ha, a partir de la cual su aporte disminuye (Zanoniani, 2009). En cuanto a la relación de especies invernales/estivales, tiende a ser más alta con dosis intermedias de fertilizante y altas intensidades de pastoreo, lo que genera una mejor calidad de la dieta ofrecida. En cambio, bajo dosis muy elevadas de N y alta intensidad de pastoreo, las especies estivales se vuelven más competitivas limitando la capacidad de respuesta de las invernales. Especies como *Paspalum notatum* conforman una cobertura densa que dificulta la instalación de otras especies, como es el caso de *Stipa setigera*, ya que la misma presenta baja competencia inicial en ambientes intensamente pastoreados y aumenta su estrés por el agregado de N (Gonzales et al. 2004, Zanoniani et al. 2011). Zanoniani (2009) en respuesta a esto, sugiere que un buen manejo sería la combinación de cantidades bajas de N en otoño (50 kg/ha), con asignaciones de forraje intermedias (8%), de forma de obtener una relación de especies invernales/estivales cercanas al 1,6, y producciones de hasta 850 kg/ha de MS.

Si las fertilizaciones se realizan en primavera, se genera un incremento en la producción de forraje pero no conlleva a una mejora en la calidad de la

pastura (Bemhaja y Olmos, 1995). En cambio, fertilizaciones invernales de 100 kg/ha de N, generan un aumento de 50% en la participación de especies invernales y duplica la producción de *Bromus auleticus* en la biomasa aérea (Rodríguez, citado por Zanoniani, 2009). Dicha especie presenta una respuesta cuadrática en producción al aumentar la dosis de N, obteniéndose la máxima con 120 kg/ha de N (Oliveira y Moraes, 1998).

Cardozo et al. (2008) demostraron que aumentos en la dosis de N y OF medias y bajas, incrementan la contribución de especies anuales exóticas como *Lolium multiflorum*, *Carduus acanthoides* y *Cirsium vulgare*, debido a la pérdida de densidad y abertura de la trama de la vegetación. Esto lleva a una paulatina degradación de la pastura, al sustituirse especies perennes por anuales y perdiendo la biodiversidad de especies del campo natural.

En la misma línea, Ayala y Carámbula (1994a) en suelos de Basalto, mostraron que con el agregado de N, y más aún si se combina con P y K, se registra un aumento significativo de especies anuales invernales en las pasturas como *Vulpia australis* y *Gaudinia fragilis*.

2.2.5. En la calidad de la pastura

El principal efecto de la fertilización nitrogenada en campo natural es el aumento en la producción de materia seca, debido a que en general la digestibilidad del forraje y el contenido de fibra detergente ácida (FDA) no varían. Este comportamiento determina que la calidad de la pastura no se vea alterada (Ayala y Carámbula, 1994a).

En cuanto al contenido de proteína crudo (PC), Ayala y Carámbula (1994a) encontraron que con el agregado de N se logra alcanzar valores mayores a los del campo natural, particularmente en otoño e invierno. Los valores promedios obtenidos por los autores fueron de 8,7% y 10,3% para campo natural y campo natural fertilizado con N respectivamente.

Por su parte Bemhaja (1994a) obtuvo que con el agregado de N la calidad de la pastura puede o no variar según el tipo de suelo. En suelos de Basalto registró disminución en el contenido de FDA y fibra detergente neutro (FDN) y aumento en el porcentaje de PC. Contrario a esto, en suelos de Areniscas de Tacuarembó la calidad de la pastura continuó siendo muy baja, independientemente del agregado de N. Este comportamiento fue reflejo de la respuesta a la fertilización nitrogenada en la composición botánica que presentan los distintos tipos de suelo. Mientras que en Basalto se promovió el crecimiento de especies finas y tiernas, particularmente invernales, en

Areniscas aumentó el vigor de especies estivales que no contribuyeron a una mejora en la calidad de la pastura.

2.2.6. En la producción secundaria

La fertilización con N y P permite tener una producción de peso vivo animal por unidad de superficie hasta tres veces mayor que la producción del campo sin fertilización (Risso et al., 1998). Zamalvide (1994) lo explica a través de un aumento en la calidad del forraje, por un mayor contenido de N y P en la misma y por el paulatino afinamiento de las pasturas.

En cambio, Azanza et al. (2004) afirman que el principal efecto de la fertilización nitrogenada es sobre la producción de MS, ya que el efecto sobre la calidad de la pastura es casi nulo. Esta mayor producción de forraje permite un incremento de la carga animal, y por lo tanto, un mayor consumo de forraje por unidad de superficie.

Pizzio y Pallares (1994) en campos del centro-sur de Corrientes, obtuvieron que la fertilización nitrogenada de campo natural incrementó la receptividad y la producción de carne en un 61 y 53% respectivamente. La producción de carne/ha del campo fertilizado fue muy dependiente de las cargas utilizadas; a bajas cargas la producción fue 17% superior y a altas cargas alcanzó a ser 37% mayor. Además, la eficiencia en producción de carne encontrada fue de 0,6 kg de carne por kg de N aplicado. Este mejoramiento permitió que las ganancias de peso sean mayores durante el verano y las pérdidas de peso en invierno sean menores a las de un campo sin fertilizar.

En la misma línea, Boggiano et al. (2000c) en Rio Grande do Sul, obtuvieron que a iguales OF, el agregado de N permitió aumentos en la carga de hasta 500 kg/ha de peso vivo (PV), lo que equivale a un incremento de 2,5 kg/ha/día de PV por kg de N agregado.

Rodríguez Palma et al. (2009), Rodríguez Palma y Rodríguez (2010), estudiando fertilizaciones otoño-invernales con 100 kg/ha de N durante 7 años, encontraron que se generó una acumulación anual de forraje tal que permitió aumentar la carga animal/ha en un promedio de 68%, sin afectar la ganancia diaria/animal. Dicho experimento fue continuado por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017) durante 7 años más, y los resultados reportados fueron los mismos, obteniendo ganancias promedio de 0,399 y 0,472 kg/animal/día con 0 y 100 kg/ha de N respectivamente en los 14 años evaluados. Esto indica de forma sostenible que la fertilización con 100 kg/ha de N permite aumentar la carga animal/ha sin afectar el desempeño individual. Gianluppi et al. (2002)

obtuvieron resultados similares para el período primaveral, en el cual no existieron diferencias en ganancia media diaria de los animales entre los tratamientos con 0, 100 y 200 kg/ha de N, aunque si existieron diferencias significativas en la carga animal. El tratamiento con 200 kg/ha de N tuvo una carga promedio de 1489 kg/ha de PV, mientras que los otros dos tratamientos no alcanzaron los 1200 kg/ha de PV.

En cambio, Peirano y Rodríguez (2004), con fertilizaciones de 50 kg/ha de N, lograron aumentar la carga animal en casi 90%, sin afectar la ganancia media diaria por animal ni la producción individual.

Zanoniani (2009) encontró que fertilizaciones con 150 kg/ha de N y OF de 7%, permitieron mantener cargas de 1,4 UG/ha con una cantidad de forraje desaparecido equivalente al del mantenimiento animal.

Berretta (2005a) afirma que la fertilización de campo natural con 92 kg/ha de N y 44 kg/ha de P_2O_5 , con un sistema de pastoreo rotativo que presenta 14 días de pastoreo y 42 de descanso, se obtienen ganancias anuales de peso vivo en novillos de aproximadamente 0,500 kg/animal/día con una dotación de 0,9 UG/ha. Cuando se aumenta la carga a 1,5 UG/ha, las ganancias son de alrededor de 0,300 kg/animal/día, similar a la que se obtiene en el campo natural sin fertilizar con una dotación de 0,9 UG/ha.

2.2.7. Interacción N x intensidad de pastoreo

En invierno la reposición de estructuras removidas es más lenta debido a las bajas temperaturas y ambientes pobres en N, lo que lleva a una menor tasa fotosintética. Medidas de manejo como la fertilización nitrogenada y ajustes en la OF pueden modificar esta tendencia, ya que la producción es afectada tanto por el agregado de N, la OF, como por la interacción de ambos (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013).

Boggiano et al. (2005) investigaron la respuesta de un campo natural sobre suelos de la Unidad San Manuel a la fertilización nitrogenada con diferentes OF, encontrando que la respuesta de producción de forraje invernal tiene efecto cuadrático al agregado de N e interacción NxOF significativo. La máxima producción anual fue de 8000 kg/ha de MS y se obtuvo con una dosis de 150 kg/ha de N y OF de 10%; dosis superiores de N no llevaron a aumentos en la misma. En invierno, obtuvieron que la máxima respuesta fue de 2000 kg/ha de MS obtenida con 300 kg/ha de N y una OF de 4%. Por otro lado, observaron que fertilizaciones estratégicas en otoño con 50 kg/ha de N,

períodos de descanso de 45 días y OF de 8%, aumentan la productividad otoño-invernal de forraje en 30%.

Cuando ambos factores son bajos, se encuentra una mayor respuesta en producción al aumentar la OF en relación a incrementar la dosis de N, ya que dicho aumento genera remanentes mayores, menor remoción de área foliar y pseudotallos, incrementando así la disponibilidad de N en planta, lo que favorece la formación de nuevos tejidos, principalmente en gramíneas invernales (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013). En cambio, con altas dosis de N, altas OF afectan negativamente la producción primaria. Esto se debe a que, por un lado, altas OF generan mayor proporción de tejido viejo en el remanente de menor eficiencia fotosintética y a que la tasa de senescencia aumenta, pudiendo igualarse a la tasa de crecimiento. Por otro lado, altas dosis de N aceleran tanto el ritmo de crecimiento como la reposición de área foliar, lo que lleva a que el sombreado en estratos inferiores se de antes. Por lo tanto, disminuyendo la OF se retrasa el inicio de sombreado y se obtiene una mayor acumulación de forraje (Lemaire, citado por Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013, Nabinger y Parsons, citado por Álvarez et al. 2013). La magnitud de la respuesta en producción con la interacción de ambos factores se acentúa en primavera (Boggiano et al., 2005).

Zanoniani (2009) concluyó que el agregado de N tiene un efecto positivo sobre la producción invernal a altas OF, siempre que la dosis aplicada sea baja (44 kg/ha de N). Cuando ésta es alta (150, 256 y 300 kg/ha de N), dicha producción aumenta a menores OF. El mayor resultado de producción invernal fue de 1650 kg/ha de MS, y se obtuvo con aplicaciones de 274 kg/ha de N y con OF de 4%.

A bajas OF se generan menores remanentes, lo cual determina una limitante para el crecimiento de la pastura y por lo tanto la reducción en el forraje disponible para los pastoreos posteriores. Este efecto se ve disminuido con el creciente agregado de N. A su vez, el forraje desaparecido aumenta con el agregado de N a bajas OF, pero este aumento está mayormente explicado por una mayor producción de la pastura y no por una mayor proporción de cosecha (Zanoniani, 2009).

La OF tiene efecto sobre la tasa de crecimiento en una pastura fertilizada con N, teniendo un incremento de 10 kg/ha/día de MS cuando se pasa de 4% a 14%. Esto afecta la disponibilidad de forraje, que aumentando de 4% a 14% la OF, se incrementan 1000 kg/ha de MS (Boggiano et al., 2000c).

Por su parte, Boggiano et al. (2000b) obtuvieron que la tasa de acumulación de materia seca verde invernal se vio más afectada por la OF que por la dosis de N, aunque las máximas tasas se obtuvieron cuando ambos factores son altos. Por otro lado, en primavera aumentó la tasa de acumulación cuando ambas variables fueron altas, llegando a valores próximos a 60 kg/ha/día de materia seca verde. Esta respuesta se explicó por el alargamiento de los entrenudos de especies tanto invernales como estivales, que generaron una arquitectura más erecta de la pastura, permitiendo una mejor penetración de la radiación solar, que determinó una mayor área foliar sin que se produjera el sombreado de los estratos inferiores.

En cuanto a la composición botánica, existe respuesta a la interacción NxOF en la proporción de restos secos, leguminosas y gramíneas. Para el primer caso, el mayor porcentaje se obtiene con OF de 13,4% y dosis de 150 kg/ha de N, ya que existe una mayor área foliar por el agregado de N y menor remoción de las mismas por las mayores ofertas. En tanto, para las leguminosas, existe un efecto negativo al incrementar la dosis de N y positivo al aumentar la OF. Lo contrario ocurre en las gramíneas, que se promueven al aumentar la dosis de N y disminuir la OF. Esta relación inversa entre dichas familias, se debe a las ventajas competitivas y a la alta respuesta al agregado de N que presentan las gramíneas, y no por el hecho de que el N influya en el aporte de las leguminosas sobre el tapiz. Por otro lado, cuando ambos factores son elevados, se reduce la proporción de gramíneas ya que los espacios son ocupados por restos secos, impidiendo el crecimiento de las mismas (Boggiano et al. 1998, Boggiano 2000a).

Zanoniani (2009) demostró que aumentando la carga se pueden cubrir los requerimientos del animal con el agregado de una dosis baja de N (44 kg/ha de N) y un manejo del pastoreo poco intenso (12,5% OF). Esto concuerda con lo expresado por Gastal et al., citados por Zanoniani (2009), que con similares respuestas, concluyen la necesidad de adecuar la intensidad del pastoreo según la dosis de N aplicado para lograr producciones más eficientes.

2.3. EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSAS

La presencia y performance de leguminosas nativas en campo natural es escasa, limitada principalmente por los bajos niveles de P en los suelos de las áreas ganaderas (Ayala y Bendersky, 2017).

La introducción de leguminosas al tapiz natural permite: en forma directa, mejorar el rendimiento y calidad del tapiz a través de la contribución en el forraje de las leguminosas; y en forma indirecta, aumentar el contenido de N

del suelo, a través de la fijación biológica de N, lo que posibilita la aparición de gramíneas nativas productivas (Millot et al., 1987).

Dicha fijación es la principal fuente del nutriente en el suelo, obteniéndose hasta el 90% del mismo mediante este proceso (con excepción del verano y principios de otoño). Su contribución dependerá de la producción total de forraje y de su distribución estacional, por lo que la producción primaria y secundaria dependerá de la eficiencia en la fijación. Por cada tonelada de MS de leguminosa producida, se pueden fijar en promedio 30 kg de N (García et al. 1994, Risso 1994).

Según Carámbula (1992), la incorporación de leguminosas en el ecosistema es la forma más económica de introducir N al suelo. Para poder asegurar una población adecuada de leguminosas que permitan una alta fijación, es necesario complementarlo con fertilizaciones fosfatadas. Dicha fertilización permite aumentar la presencia de las mismas en el mejoramiento, explicado por el desarrollo de plantas más grandes, con alta producción de semillas que promueven un mayor reclutamiento de plantas cada año (Olmos y Sosa, 2002). Este manejo permite a su vez, incrementar la producción de MS, una mejora en la producción y distribución estacional, así como también una mejor calidad del forraje ofrecido (Pallares y Pizzio, 1994b).

Bemhaja, citado por Bemhaja (1998b) asegura que además de aumentar el contenido de N, se incrementa el mantillo fácilmente degradable, lo que favorece la producción de gramíneas productivas (Awan et al., Ball et al., citados por Bemhaja, 1998b).

2.3.1. En la producción primaria

Los mejoramientos en cobertura con leguminosas logran producciones de forraje hasta tres veces mayor que la de un campo natural. Cuando éstas se incorporan al tapiz, se combinan de forma exitosa con las gramíneas nativas, logrando una pastura productiva y estable, sin afectar el equilibrio de las especies y evitando el avance de las malezas presentes (Carámbula 1992, Carámbula 2008).

Bemhaja (1998c), Berretta (1998a) sobre suelos de Basalto y Risso et al. (2002) sobre suelos de Cristalino, encontraron que con la introducción de leguminosas aumenta significativamente la producción de forraje. El rendimiento de las pasturas mejoradas en algunos casos fue entre 50 y 100% superior al de la pastura natural, y en invierno llegó a triplicarlo (Berretta, 1998a).

Risso et al. (2002), estudiando dos mejoramientos de campo, uno con *Lotus subbiflorus* y otro con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, obtuvieron que la producción de forraje alcanzó a ser 3100 kg/ha de MS superior a la de un campo natural.

Contrario a esto, González y Rodríguez (2006) encontraron que la producción total del campo natural y del campo natural mejorado con *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* no fueron significativamente diferente, produciendo 5087 kg/ha de MS el campo natural y 4768 kg/ha de MS el mejorado.

En mejoramientos con *Lotus tenuis* cv. Waldst se obtuvo la mejor producción de forraje durante el primer año en comparación con otros cultivares de *Lotus corniculatus*, así como una mayor producción invernal en todos los años evaluados. Todos los materiales estudiados presentaron una buena persistencia hasta el cuarto año y a partir del quinto, entraron a competir las especies nativas. En cambio, cuando se afectó la resiembra, se encontró que la persistencia del mejoramiento disminuye a partir del tercer año (Bemhaja, 1998b).

2.3.2. En la tasa de crecimiento

La incorporación de leguminosas sobre campo natural incrementa la tasa de crecimiento diaria a cualquier carga utilizada. El cambio más significativo se genera durante invierno, momento en el cual se da un mayor aporte de las leguminosas y aumenta la producción de especies invernales nativas (Bemhaja, 1998a).

Bemhaja (1998a) encontró que la tasa de crecimiento en invierno incrementó de 7,3 en campo natural a 18,0 kg/ha/día de MS con la introducción de leguminosas, lo que representó un aumento de 147% de la misma. En primavera dicho aumento fue de 109%, pasando de 14,8 a 31,0 kg/ha/día de MS.

Por su parte, Garín et al. (1993) encontraron que la tasa de crecimiento diaria primaveral de un mejoramiento en cobertura de *Lotus corniculatus*, varía entre 26 y 33 kg/ha/día de MS según la OF asignada. En tanto, González y Rodríguez (2006) en un mejoramiento con *Lotus tenuis* y *Trifolium repens*, obtuvieron una tasa de crecimiento diaria para el mismo período de 40 kg/ha/día promedio.

Mezzalira et al. (2006) encontraron que la tasa de crecimiento promedio anual de un mejoramiento con *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, alcanza los 12 kg/ha/día de MS en campos de Rio Grande do Sul.

2.3.3. En la composición botánica

La transferencia de N de las leguminosas a las gramíneas asociadas a la pastura, logra cambios botánicos graduales hacia un incremento en la proporción de gramíneas C3. Esta transferencia se da a través de la materia orgánica del suelo, como consecuencia de la muerte y descomposición de la parte aérea, raíces y nódulos, que generan alteraciones en las condiciones de crecimiento por el aumento en la fertilidad del suelo (Carámbula, 1992).

Coincidiendo con esto, Bemhaja (1998a), Riso et al. (2002), Bemhaja y Berretta, Berretta y Levratto, citados por Carámbula (2008) encontraron que la introducción de leguminosas sin perturbar el tapiz natural induce a cambios en la frecuencia de especies, incrementando las de mejor valor nutritivo. De esta forma se aumenta la proporción de especies invernales y de finas y tiernas, como *Stipa setigera*, *Lolium multiflorum*, *Adesmia* sp., *Bromus auleticus*, *Poa lanigera* y *Piptochaetium stipoides*, ya que su crecimiento se favorece directamente por la fertilización fosfatada e indirectamente por la fijación biológica de N. Especies como *Stipa setigera* y *Poa lanigera* aumentan su contribución especialmente cuando se los maneja con cargas bajas, pasando de 8% de contribución en el primer año a 16 y 24% en el segundo y tercer año respectivamente.

Cuando se compara la frecuencia de especies agrupadas por su ciclo de crecimiento, Riso et al. (2002) encontraron que en campos naturales sobre Cristalino es mayor la proporción de especies estivales, y que en invierno generalmente predominan hierbas enanas, cardos y especies ordinarias como ciperáceas y *Vulpia australis*. Con la introducción de leguminosas, carga baja y pastoreo rotativo, obtuvieron que las especies invernales que predominaron fueron las sembradas y especies de mayor calidad como *Piptochaetium stipoides*, *Stipa setigera*, *Lolium multiflorum*, así como también ciperáceas, y en menor medida, *Stipa charruana*, *Briza* sp. y *Hordeum* sp. Además aumentaron su participación especies estivales productivas como *Paspalum dilatatum* (Millot et al., 1987).

Por su parte, Berretta (1998a) observó que con la introducción de *Trifolium repens* la contribución de especies invernales aumentó de 63% a 78,5% de un año a otro. Un ejemplo de ello es el aumento de la frecuencia de la

Poa lanigera debido al incremento en la fertilidad del suelo, acompañado por un manejo aliviado durante la primavera.

Millot et al. (1987), en campos de la Unidad Santa Clara mejorados con fertilización fosfatada e introducción de trébol carretilla, encontraron que a partir del segundo año de mejoramiento existió un claro aumento en la contribución de especies anuales invernales, pasando de 54% de espigas/m² en el testigo a 70% aproximadamente en el mejorado. Este incremento se dio a través del aumento significativo de especies como *Lolium multiflorum* y *Gaudinia fragilis*. Además existió un claro descenso de especies perennes invernales, pasando de 30% a 12% su contribución en el tapiz.

En cuanto a las leguminosas sembradas, Bemhaja (1998b) sobre suelos de Basalto, en un mejoramiento con *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, encontró que el *Trifolium pratense* presentó mayor vigor inicial y mejor contribución en el primer año, en todas las intensidades y frecuencias de corte evaluadas. A partir del segundo año, su contribución se redujo a la mitad y en el tercero la misma fue prácticamente nula, debido a su comportamiento bianual. A su vez, registró que el aporte de gramíneas nativas durante el segundo año fue de 19%, siendo el mínimo valor promedio en el total de los años del mejoramiento. A partir del tercer año se restablece su contribución, llegando a un 63%. En el caso de las malezas enanas, su mayor frecuencia se registró durante el primer año, descendiendo en los años sucesivos. En la medida que las leguminosas tienden a desaparecer, a partir del tercer año, los restos secos aumentan explicado por un aumento en el aporte de las gramíneas nativas.

El mismo mejoramiento realizado en Rio Grande do Sul, demostró que la contribución de las leguminosas sembradas en el tapiz natural depende de la intensidad de pastoreo manejada. Con intensidades bajas, dejando 1875 kg/ha de MS remanente, la participación fue de 2,5%, mientras que con altas intensidades, 988 kg/ha de MS remanente, desciende a 1,5% (Mezzalira et al., 2006).

2.3.4. En la calidad de la pastura

La calidad de la pastura del campo natural mejora con la intersembrado de leguminosas, explicado por un menor contenido de FDN y FDA así como una mayor concentración de PC. En cuanto al contenido de la última, duplican los valores del campo natural durante primavera y es 3 a 5% superior durante el verano. A su vez esta mejora es superior a la que se obtiene con la aplicación directa de N (Bemhaja, 1998c).

Forbes y Montossi et al., citados por Risso et al. (2002), afirman que la mejora en la calidad de la pastura se traduce en una mayor capacidad selección animal, lo que permite obtener una dieta no limitante desde el punto de vista de la proteína, para procesos intensivos de crecimiento y engorde.

2.3.5. En la producción secundaria

La estacionalidad de la producción en campo natural conduce a la necesidad de introducir especies forrajeras más productivas como objetivo de aumentar la producción de carne (Correa y Alvim Silva, 1994).

Scholl et al., citados por Correa y Alvim Silva (1994) afirman que se pueden obtener ganancias de pesos hasta 5 veces mayores que en campo natural, debido al aumento en producción de forraje con la introducción de leguminosas. Correa y Alvim Silva (1994), en un campo mejorado de Quaraí, encontraron que novillos Hereford y cruza con Bradford llegaron a obtener en promedio ganancias medias diarias de 1,1 kg/animal/día.

En mejoramientos con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* las mayores ganancias de PV se obtienen con manejos de pastoreo rotativo y carga baja (1,6 UG/ha), teniendo una ganancia promedio anual en novillos de 0,671 kg/animal/día. En invierno, dichas ganancias son de 0,254 y en primavera alcanzan 1,163 kg/animal/día. Con este tipo de manejo se dan las condiciones para un mejor rebrote de la pastura, que le permite al animal consumir una dieta de mejor calidad por una mayor capacidad de selección (Risso et al., 2002).

Garín et al. (1993) encontraron que la altura de forraje disponible determina el 33% de la variación en la ganancia de peso. Las máximas ganancias se registran con 13 cm de altura del disponible y a partir de esta disminuye. Esta caída se explicó a través de una disminución en la calidad de la pastura. Por otro lado, la intensidad de pastoreo explicó el 27% de la ganancia de peso, alcanzando un máximo de ganancia con 1500 kg/ha de MS remanente.

En mejoramientos de campo natural con diferentes intensidades de pastoreo (1000 y 1750 kg/ha de MS), se obtienen ganancias medias diarias significativamente diferentes, sin variar la producción/ha. A intensidades menores la ganancia media diaria es de 0,480 kg/animal/día, mientras que con mayores las mismas son de 0,282 kg/animal/día. Estas diferencias no representan una diferencia en producción animal/ha debido a que con intensidades mayores la carga animal es superior (Bueno et al., 2004).

Resultados similares fueron reportados por Mezzalana et al. (2006), en los cuales encontraron interacción significativa entre la intensidad de pastoreo y la ganancia media diaria por animal sobre un mejoramiento. Las mismas fueron de 0,346 kg/animal/día con intensidades bajas (1875 kg/ha de MS remanente) y de 0,217 kg/animal/día con intensidades altas (988 kg/ha de MS remanente). A su vez, la producción animal por área fue de 254 kg/ha de PV alcanzando una carga de 690 kg/ha, y de 174 kg/ha de PV con cargas de 437 kg PV/ha, para alta y baja intensidad de pastoreo respectivamente.

Garín et al. (1993) encontraron que la ganancia media diaria por animal sobre un mejoramiento en cobertura varió según la OF. Ofertas bajas de 2,5% registraron ganancias de 0,490 kg/animal/día, mientras que con ofertas superiores se alcanzaron ganancias de 0,730 kg/animal/día. A pesar de la menor performance individual a bajas ofertas, la ganancia por hectárea duplicó los valores obtenidos a altas ofertas. Esto se atribuyó a que la tasa de incremento en la carga es mayor a la tasa de disminución de la ganancia de peso por animal (Mott, citado por Garín et al., 1993).

Por otro lado, Pallares y Pizzio (1994a), obtuvieron que la respuesta en la ganancia de peso por año en novillos cruza Santa Gertrudis con la introducción de leguminosas, fue de 201 kg.

2.4. VARIABLES DE MANEJO DEL PASTOREO

El manejo del pastoreo es afectado por tres variables principales: carga animal, relación lanar/vacuno, y método de pastoreo.

La carga es la más importante debido a que afecta, en mayor medida, la productividad global del sistema. A su vez, la misma se encuentra estrechamente relacionada con la intensidad de pastoreo, y por ende, con la OF. La OF es la relación entre la masa de forraje disponible y los kg de PV animal por unidad de área a ser pastoreada, en un momento dado (Allen et al., 2011). Ésta se encuentra directamente relacionada a la intensidad de pastoreo, existiendo una respuesta inversa entre ellas; a mayor OF menor será la intensidad de pastoreo y viceversa.

Una vez definida la capacidad de carga del sistema, le sigue en importancia determinar la relación lanar/vacuno y por último el método de pastoreo. Para éste último existen dos métodos principales: continuo y rotativo.

El método de pastoreo rotativo se basa en el movimiento periódico y secuencial del ganado entre un número variable de potreros, implicando

períodos definidos de ocupación y descanso (Millot et al., 1987). El mismo tiene como finalidad poder utilizar la pastura en el momento que se alcanza un equilibrio tal, que se obtienen altos rendimientos de MS y un máximo valor nutritivo (Carámbula, 2008).

2.4.1. Efecto de la intensidad de pastoreo

2.4.1.1. En la producción primaria

Modificar la OF en las distintas estaciones del año permite potencializar la producción de forraje. En el Sur de Brasil, con OF de 8% en primavera y 12% durante el resto del año, en pastoreo continuo, se obtiene la máxima tasa de crecimiento, 15 kg/ha/día de MS, lo que lleva a obtener producciones de hasta 4402 kg/ha de MS. Los mínimos registros se encuentran con OF de 4% a lo largo de todo el año, con tasas de crecimiento de 2 kg/ha/día de MS y producciones de forraje de 1726 kg/ha de MS (Reffatti et al. 2008, Mezzalira et al. 2012).

La diferencia en producción de forraje total con intensidades de 2,5 cm y 7,5 cm alcanza un 16%. Esto se debe a que los manejos más intensos (2,5 cm) permiten un mayor aprovechamiento del crecimiento de los estratos inferiores, y los más aliviados (7,5 cm) no logran pastorear dichos estratos, generando un envejecimiento paulatino de la pastura, y por ende, una pérdida del forraje producido (Ayala y Bermúdez, 2005).

La producción invernal se incrementa a medida que se realizan defoliaciones más intensas y aumentan los períodos de descanso. En cambio, en primavera, la producción tiene un comportamiento errático en cuanto a la intensidad de pastoreo, mientras que para el período de descanso, ésta aumenta hasta los 90 días de acumulación (Ayala y Bermúdez, 2005).

Deregiubus, citado por Zanoniani (2009) encontró que las altas OF generan una intercepción completa de la luz, que reducen el macollaje y genera una disminución en la densidad de macollos. En cambio con mayores presiones de pastoreo la defoliación es más severa, lo que promueve el macollaje, que permite mantener la calidad y el vigor de la pastura.

2.4.1.2. En la composición botánica

Las especies componentes de una pastura son afectadas por los cambios en la OF. Con la disminución de la presión de pastoreo, por ende aumento en la OF, las especies estolonífera y las anuales reducen su

presencia; en cambio las cespitosas se promueven con OF intermedias a altas. Los pastoreos intensos y continuos favorecen el desarrollo de pastos cortos de porte rastrero, que son capaces de evadir el pastoreo, ya que mantienen sus puntos de crecimiento a nivel del suelo y presentan en los estratos inferiores un área importante de tejido fotosintético que les posibilita el rebrote (Boldrini 1993, Berretta 2005b, Heady y Child, citados por Ayala y Bermúdez 2005).

En cuanto a esto, Gomes et al. (2000) encontraron que entre las especies cespitosas que se favorecen con el aumento en la OF se encuentran *Andropogon lateralis*, *Briza subaristata*, *Paspalum plicatulum*, *Elyonorus candidus* y *Trachypogon montufari*, y se observan aumentos en la frecuencia de especies arbustivas como *Baccharis trimera*. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, se perjudica el crecimiento de las gramíneas postradas como *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* y *Paspalum paucifolium*, así como también el de especies dicotiledóneas arrosetadas.

La baja dotación de los campos genera una mayor cubierta vegetal, generado por una mayor presencia de especies y gran acumulación de restos secos. En la medida que aumenta la carga, disminuye el número especies presentes, asociado a una menor cantidad de forraje disponible. Esto se acentúa más aún con método de pastoreo continuo, en la cual también aumenta a 10% el suelo descubierto (Berretta, 2005b).

2.4.1.3. En la producción secundaria

La OF influye sobre la productividad animal del sistema. Cuando esta es mayor, se promueve el crecimiento de la pastura, aumentando la presencia de hojas, lo que permite una mayor selectividad y como consecuencia un mejor desempeño animal. Al disminuir la OF, la utilización de la pastura aumenta, permitiendo incrementar la carga del sistema, en detrimento de la selectividad animal y el desempeño individual.

Pallares y Pizzio (1994b), evaluando la carga óptima del campo natural, encontraron que por cada unidad de incremento de la carga, la ganancia de peso/animal se redujo en 6,8 kg. En cambio, la producción/ha tiene una relación positiva con la carga, aunque si la misma es muy elevada durante muchos años puede que esta situación se revierta. Al relacionar la ganancia de peso/animal y la ganancia/ha, encontraron que con cargas aproximadas a 1 animal/ha/año se logran ganancias individuales y por hectárea óptimas.

Boggiano et al. (2000c) estudiaron el efecto de la OF sobre la carga media diaria (kg/ha/día de PV) y los kg MS de desaparecido (en %PV). En

cuanto a la carga media diaria, obtuvieron que la misma es máxima con menores OF y disminuye a medida que ésta aumenta. Este descenso es más marcado cuando la variación se da con OF bajas. Para el forraje desaparecido, encontraron que a medida que aumenta la OF éste se hace mayor, debido a una mejor capacidad de selección de la dieta de fracciones de mayor valor nutritivo por parte del animal. A través de ello, obtuvieron que existe una correlación inversa entre la carga media diaria y los kg MS de desaparecido en % de PV.

La respuesta a la OF obtenida por Setelich y Correa, citados por Soares et al. (2005) en la ganancia media diaria y en la ganancia de peso vivo/ha, tuvo un comportamiento cuadrático en primavera al variar la OF de 4 a 16% a lo largo del año. Ambos autores obtuvieron que las máximas ganancias en primavera se logran con una OF entorno al 12%. A dicha oferta, la producción de MS alcanzó entre 1200 y 1400 kg/ha, permitiendo una ganancia de 0,679 kg/animal/día y 117 kg/ha.

A diferencia de los anteriores autores, Soares et al. (2005), estudiando la ganancia diaria y ganancia de peso vivo/ha con OF ente 8 y 16%, no obtuvieron diferencias significativas entre las mismas para el período primaveral.

Por su parte, Teixeira et al. (2006) encontraron que variaciones en la OF de 4 a 12% no genera cambios en la ganancia de PV/ha, ya que un bajo desempeño individual fue compensado por un aumento de la carga y viceversa. Igualmente, los autores recomiendan manejar OF intermedias que permitan un buen desempeño animal y cargas satisfactorias.

Fonseca do Amaral et al. (2008) observaron que el mejor desempeño animal se obtuvo con OF de 8% en primavera y 12% en el resto del año. A dichas OF se alcanzaron ganancias de 0,346 kg/animal/día en el promedio anual. Cuando las OF son bajas (4%) durante todo el año, éstas descienden a valores de 0,036 kg/animal/día.

Para alcanzar ganancias medias diarias invernales adecuadas, no sólo se debe tener en cuenta la OF durante el invierno, sino también la OF a lo largo del año. La de mayor importancia es la OF de verano, porque determinará el estado de la pastura al inicio de invierno. Manteniendo las OF propuestas por Fonseca do Amaral, se obtienen las menores pérdidas de peso en esta estación (Soares et al., 2005).

Soares et al. (2005) obtuvieron que la ganancia media diaria por animal estacional no tiene interacción con la OF. En el promedio de distintas OF (entre

8 y 16%), la máxima ganancia se obtuvo en primavera, siendo esta de 0,735 kg/animal/día, y mínima en invierno, con pérdidas de peso de -0,046 kg/animal/día.

2.4.2. Efecto del método de pastoreo

2.4.2.1. En la producción primaria

El pastoreo rotativo justifica su implementación en pasturas de alto potencial productivo, que presenten un adecuado número de especies que respondan al mismo, generando de esta forma una mejor estructura y productividad del tapiz. Con el mismo se logra un control más exacto del forraje disponible, permitiendo un mejor ajuste de la asignación de forraje (Millot et al., 1987).

En este tipo de pastoreo se registra mayor rebrote de las pasturas que en aquellas que tienen carga continua, debido a que el descanso favorece la recomposición del tejido fotosintético. Este efecto se acentúa a través de los años de aplicado el pastoreo rotativo, principalmente en campos en los cuales la memoria genética es suficiente para que la respuesta en producción modifique las relaciones de competencia entre plantas y regenere las especies más productivas (Boggiano et al., 2005).

Durante invierno, debido a las bajas temperatura, conjuntamente con el hecho de que los sistemas radiculares son restringidos por exceso de humedad y la disponibilidad de reservas es media a baja, la producción de forraje disminuye, generando, en muchos casos, el sobrepastoreo de especies invernales más apetecibles. Para que esto no suceda es necesario definir combinaciones de frecuencia e intensidad de pastoreo para que la productividad sea tal que no deteriore las propiedades de la pastura y favorezca el crecimiento de las especies otoño-invierno-primaveral (Nabinger 1998, Carámbula 2008).

Berretta (2005b), en suelos de Basalto, demostró que los tratamientos con carga rotativa presentaron una producción de forraje 11% superior que los tratamientos con carga continua. Debido a esta baja diferencia en producción, consideró que la principal ventaja del pastoreo rotativo, como se mencionó anteriormente, es la mayor acumulación de tejido fotosintético destinado a reservas. Esto se explica por una mejor recuperación de la planta, que a su vez genera una mejor calidad del forraje, gracias a una menor cantidad de material muerto y mayor producción de energía digestible. Además, se promueve la floración y semillazón de las especies (Berretta 2005b, Carámbula 2008).

Por su parte, Boggiano et al. (2005) sobre suelos de la Unidad San Manuel, evaluaron el efecto del pastoreo rotativo a distintas frecuencias sobre la producción de forraje, obteniendo como resultado una tendencia al aumento cuando el período de descanso es mayor a 20 días. A pesar de que la disminución de la frecuencia de 40 a 80 días no presentó grandes diferencias en la producción total de forraje, si se incrementó la producción invernal sin afectar la calidad de la pastura.

Resultados similares fueron obtenidos por Peloché (2012), en los cuales la máxima producción de forraje se alcanzó con períodos de descanso de 40 días. Con dicha frecuencia se logró una producción acumulada de primavera que duplicó el rendimiento de los tratamientos con 20, 60 y 80 días de descanso, siendo la misma de 2217 kg/ha de MS. En cambio, la producción invernal incrementó a medida que disminuyó la frecuencia de pastoreo, registrándose la máxima con frecuencias de 80 días (644 kg/ha de MS), explicado a través de la mayor contribución de especies invernales en dicho tratamiento.

Variaciones en la frecuencia de pastoreo modifican la tasa de crecimiento diaria de la pastura, disminuyendo a medida que aumentan los días de descanso. Al comparar tratamientos con diferentes días entre cortes, se observa que cuando se realizan cada 56 días la tasa de crecimiento diaria representa el 32,4% del crecimiento que se obtienen cada 14 días. A pesar de una menor tasa de crecimiento, los tratamientos con mayor intervalo entre cortes tienen una mayor acumulación de forraje y por ende, mayor producción (Berretta, 2005b).

2.4.2.2. En la composición botánica

La composición botánica de una pastura puede ser modificada, con el paso del tiempo, cambiando el método de pastoreo de continuo a rotativo. El período de descanso es un factor fundamental, ya que determina el tiempo que tiene la pastura para recuperarse. A su vez, la velocidad de los cambios en la composición botánica dependerá de la profundidad del suelo y de la contribución de especies finas y tiernas (Boggiano et al., 2005).

Sobre suelos superficiales degradados, Boggiano et al. (2005) encontraron que en el segundo año de implementado el pastoreo rotativo aparecieron leguminosas como *Medicago lupulina*, que elevaron el nivel de fertilidad del suelo. Como consecuencia, en el tercer año, se observaron gramíneas productivas como *Paspalum notatum* y *Stipa setigera*. Al aumentar la trama del tapiz aparecieron especies finas y tiernas como *Briza subaristata*,

Calamagrostis montevidensis, *Coelorhachis selloana* y *Paspalum dilatatum*. En suelos profundos con una proporción superior al 25% de especies finas y tiernas, los cambios fueron más acelerados.

El pastoreo rotativo genera períodos de descanso que favorecen el crecimiento de gramíneas cespitosas, de porte erecto y mayor tamaño, como *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum* y *Stipa setigera*, que contribuyen al refinamiento del campo. En cambio, se da una reducción de especies tiernas como *Paspalum notatum*, que disminuyen con el aumento del período de descanso, lo que puede estar explicado, en parte, por el aumento de pastos ordinarios de rápida acumulación de hojas muertas, que reducen la cantidad de luz que recibe este tipo de especie (Berretta 2005b, Boggiano et al. 2005, Saldanha 2005).

Boggiano et al. (2005) afirman que el cambio de pastoreo continuo a rotativo promueve el desarrollo de las leguminosas, llegando en zonas bajas a cuadruplicar su presencia. Según Maraschin y Mott (1989), Risso, citado por Risso et al. (2002) las mismas aumentan cuando el sistema de pastoreo asegura un período de descanso tal que permita la semillazón de las especies introducidas, y una presión de pastoreo que promueva la renovación del perfil de la pastura. Este manejo se torna imprescindible cuando las leguminosas son introducidas en el tapiz, para obtener una buena producción y persistencia de las mismas.

En cuanto a las malezas de campo sucio, disminuyen con el pastoreo rotativo, como es el caso de *Eryngium horridum*, *Baccharis trimera*, *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata* y *Eupatorium buniifolium*. Lo mismo sucede con las malezas enanas. Cabe destacar que en pastoreos continuos es característica la aparición de tapices de doble estructura debido a la presencia de malezas enanas en el estrato bajo y de campo sucio en el alto, reduciendo así, el área de pastoreo (Boggiano et al. 2005, Saldanha 2005).

Los restos secos tienden a tener una mayor acumulación en los tratamientos con pastoreo rotativo, que lleva una disminución de la calidad de la pastura, pero permite una mejor administración del mismo, principalmente como reserva de forraje en pie durante invierno (Berretta, 2005b).

Boggiano et al. (2005), estudiaron los cambios en la composición botánica a diferentes frecuencias de pastoreo (20, 40, 60 y 80 días). La proporción de gramíneas se mantuvo en todas las frecuencias debido a que coexisten especies que presentan distintos hábitos de crecimiento y una gran plasticidad morfológica. Con frecuencias altas se promueve el crecimiento de

gramíneas postradas de menor tamaño. En zonas de ladera, las altas frecuencias afectan el crecimiento de malezas enanas por la mejor capacidad de competencia de las gramíneas postradas. En cambio, en zonas bajas, estas malezas se promueven debido a la reducción de especies altas como *Paspalum quadrifarium*, que permite el ingreso de luz a los estratos inferiores.

Para aumentar la relación gramíneas invernales/gramíneas estivales, se encontró que se deben manejar diferentes frecuencias de pastoreo a lo largo del año. En invierno y primavera temprana los períodos de descanso deben ser más prolongados (80 días), y en verano se deben realizar pastoreos más frecuentes (20 a 40 días, Boggiano et al., 2005).

En cuanto a las leguminosas, existió una tendencia a ser favorecidas con frecuencias moderadas cuando se tiene en cuenta el conjunto de las nativas y las sembradas en cobertura, así como sus diferentes hábitos de crecimiento (Boggiano et al., 2005).

Con manejos más frecuentes, los mismos autores observaron una reducción de las malezas de campo sucio, que en algunos casos puede explicarse por las altas cargas instantáneas, que reducen la selectividad animal y lleva a que algunas de éstas sean consumidas. Lo mismo fue encontrado por Peloché (2012), que con períodos de descanso entre 60 y 80 días aumentó la presencia de malezas de campo sucio como *Baccharis coridifolia* y *Eryngium horridum*.

En la misma línea, Ayala y Bermúdez (2005), en campos de Lomadas del Este, estudiaron como la intensidad y la frecuencia afectaba la composición botánica de la pastura. Allí encontraron que a medida que ambas aumentan, se incrementa el área de suelo descubierto aunque mejora la relación verde/seco del forraje; además aumenta la presencia de hierbas enanas como síntoma de degradación. Con manejos aliviados, se incrementa el aporte de gramíneas erectas, estivales y estivales más productivas, que disminuye su calidad cuando se manejan con descansos excesivos. Además, las especies invernales y leguminosas están más presentes con estos manejos (Boldrini, 1993).

Debe tenerse en cuenta que a pesar de que los descansos prolongados promueven especies cespitosas que aumentan la productividad del sistema, puede ocurrir que, por un lado aumente la aparición de malezas de campo sucio, y por otro, en pasturas donde dominan los pastos ordinarios y duros, los descansos prolongados y las cargas instantáneas insuficientes generen un mayor crecimiento de las mismas (Berretta 2005b, Boggiano et al. 2005).

2.4.2.3. En la calidad de la pastura

El manejo del pastoreo modifica la relación tejido vivo/muerto al alterar la edad de las hojas y la tasa de senescencia de las mismas (Briske y Richards, citados por Saldanha, 2005). A partir de ello, Saldanha (2005) encontró que el contenido de PC del forraje disminuye con el aumento del período de descanso. Esto se explica por un aumento en la edad de las hojas y no por un incremento en la proporción de restos secos.

En cuanto al FDA del forraje disponible ocurre lo inverso a la PC, aumentando su contenido con períodos de descansos más prolongados. En otoño e invierno el porcentaje de FDA es máximo debido a una mayor proporción de restos secos en el forraje disponible, y no a un mayor contenido de la misma en el forraje verde (Saldanha, 2005).

Por otro lado, con la disminución de la frecuencia de pastoreo, y por ende mayor disponibilidad de forraje, la proporción de material verde en el disponible es mayor al del remanente, lo que determina que la dieta consumida por los animales tenga mayor contenido de hojas vivas. Esto se debe a una mayor posibilidad de selección de la dieta por los animales. Sin embargo, cuando la frecuencia de pastoreo es superior a 60 días, la caída en el contenido de PC del forraje genera que la calidad de la dieta seleccionada no sea compensada por una mayor disponibilidad del mismo (Saldanha, 2005).

2.4.2.4. En la producción secundaria

El pastoreo rotativo permite alcanzar dotaciones más altas sin que la producción por hectárea se vea resentida. A pesar de ello, cuando el pastoreo se realiza en forma aliviada permite obtener altas ganancias por individuo, pero genera un descenso paulatino en la calidad del forraje como consecuencia de la selectividad por parte de los animales y de la acumulación de materia seca de baja palatabilidad. Por lo tanto, este tipo de pastoreo es útil cuando se utilizan dotaciones medias a altas (Carámbula, 2008).

El pasaje de pastoreo continuo a rotativo, en suelos degradados, genera cambios en la composición de la pastura que permiten pasar de una producción de 70 kg/ha de carne equivalente a 150 kg/ha (Boggiano et al., 2005).

La eficiencia de cosecha en las estaciones de máxima tasa de crecimiento (primavera y verano) aumenta con la mayor frecuencia de pastoreo. Lo contrario sucede en invierno, ya que hay una limitante de forraje verde. La

utilización de las pasturas naturales, independientemente de la disponibilidad de forraje, nunca supera el 50%, registrándose la máxima en primavera, debido a las condiciones favorables para el crecimiento (Saldanha, 2005).

2.5. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

El efecto de la intervención del campo natural a través de la introducción de leguminosas y la fertilización nitrogenada aumentará la producción de forraje.

El incremento en la producción primaria, permitirá aumentar la receptividad animal.

La introducción de leguminosas y la fertilización nitrogenada promoverán el crecimiento de especies de tipo productivo fino y tierno, que generaran una mayor ganancia individual animal.

La introducción de leguminosas generará una mayor calidad de pastura que permitirá un mejor desempeño animal individual que el campo natural y el fertilizado con nitrógeno.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1. Localización del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Universidad de la República, que se encuentra ubicada sobre 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 período de evaluación estuvo comprendido entre el 6 de junio y el 22 de noviembre del 2016. El mismo fue dividido en tres estaciones: invierno (6/06 al 3/08), invierno-primavera (3/08 al 27/09) y primavera (27/09 al 22/11). Cabe destacar que el inicio de evaluación del experimento 2 comenzó el 20 de julio, por lo que sólo se tuvo en cuenta las estaciones invierno-primavera y primavera.

La zona presenta un clima templado, con una temperatura media anual entorno a los 17°C. Para el período de evaluación se registraron, en el promedio histórico de 50 años, temperaturas mínimas en invierno de 7,1°C y máximas de 18°C, mientras que en primavera las mismas fueron de 11,5°C y 24,5°C respectivamente. El régimen de lluvias es Isohigro, registrándose un promedio de 1100mm anuales. Las precipitaciones se caracterizan por su irregularidad y variabilidad interanual, por lo que pueden ocurrir durante cualquier estación del año y se pueden dar tanto períodos de sequía como de exceso de lluvias. Dadas estas características, según la clasificación de Köppen el clima de la región es de tipo Cfa (MDN. DNM, 2009).

3.1.2. Caracterización del sitio experimental

3.1.2.1. Suelos

La unidad experimental se encuentra, según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000, sobre suelos pertenecientes a la Unidad San Manuel, los cuales son caracterizados como Brunosoles eútricos típicos presentando Solonetz solodizados melánicos y Brunosoles eútricos lúvicos como suelos asociados (MAP. DSF, 1976). Estos suelos se desarrollan sobre la Formación Fray Bentos (MAP. DSF, 1979).

3.1.2.2. Vegetación

La vegetación presente en el sitio experimental se puede diferenciar en tres estratos: alto, medio y bajo. El primero está compuesto por especies arbustivas características de monte parque como *Acacia Caven* como dominante y *Prosopis affinis* como asociada. En el estrato medio se destacan especies subarborescentes, clasificadas como malezas de campo sucio, como *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eupatorium buniifolium*, *Eryngium horridum*, entre otras. Por último, en el estrato bajo se destaca una vegetación herbácea, dominada por diferentes especies de gramíneas estivales como *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Setaria geniculata* y *Paspalum plicatulum*, e invernales como *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa megapotamica* Spreng ex Trin y *Stipa setigera*. Como especies asociadas se encuentran varias especies leguminosas, entre las que se destacan *Desmodium incanum*, *Adesmia bicolor*, *Medicago lupulina* y *Trifolium polymorphum*.

3.1.2.3. Antecedentes del pastoreo

El área en estudio, según Zanoniani (2009), presenta una historia de más de 20 años de cría de ganado vacuno, que por la presencia de especies como *Dorstenia brasiliensis* y *Geranium albicans*, y la abundancia de *Bromus auleticus* es caracterizado como “campo virgen” (Rosengurtt, 1979). Entre 2001 y 2004, Zanoniani (2009) reporta que en parte del área experimental (bloque 5a y 5b) se realizaron distintos manejos de carga y fertilizaciones con N y P; luego de esto, se mantuvo bajo pastoreo homogéneo y sin fertilizar hasta 2012, año en que comienza una nueva evaluación con diferentes dosis de N (Larratea y Soutto, 2013).

3.1.3. Descripción de los tratamientos

Se consideran dos experimentos de acuerdo a la historia de fertilización de las áreas evaluadas.

En el experimento 1 se evaluaron distintos niveles de intervención en el campo natural: 1- Sin intervención (CN); 2- Introducción de 8 kg/ha de *Trifolium pratense* cv E116 y 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cv. El Matrero + 40 kg/ha de P₂O₅ (CNm); 3-Fertilización con 60 kg/ha/año de N + 40 kg/ha de P₂O₅ (60 N); y 4-Fertilización con 120 kg/ha/año de N + 40 kg/ha de P₂O₅ (120 N). Estos tratamientos se ubicaron en los bloques 1, 2, 3 y 4.

Para el experimento 2 se evaluaron dos niveles de fertilización nitrogenada: 1- Fertilización con 60 kg/ha/año de N + 40 kg/ha de P₂O₅ (60); y 2- Fertilización con 120 kg/ha/año de N + 40 kg/ha de P₂O₅ (120). A diferencia del experimento 1, presentan una mayor historia de fertilizaciones con N y P. Estos tratamientos se ubicaron sobre el bloque 5a y 5b.

La siembra de *Lotus tenuis* y *Trifolium pratense* se realizó al voleo el 3 de setiembre de 2014. Según Gallinal et al. (2016) a la hora de la siembra de estas especies se logró una pobre implantación, debido a la elevada densidad del tapiz, al volumen de restos secos acumulados y a la época de siembra que determinó condiciones de mayor competencia y riesgos de sequía.

La fertilización nitrogenada se realizó con una fuente amoniacal bajo forma de urea granulada, en dos aplicaciones de media dosis, una en otoño y otra a fines de invierno. La primera aplicación en 2016 se llevó a cabo en el mes de mayo y la segunda en setiembre, cada una con 30 kg/ha de N y 60 kg/ha de N para los tratamientos fertilizados con 60 y 120 kg/ha de N respectivamente. Estos tratamientos también recibieron 100 kg/ha de 7-(40/40)-0 + 4% S.

Cabe destacar que ambos experimentos tuvieron control de malezas con aplicaciones de 1,5 l/ha de 2,4 DB y 350 cc de flumetsulam y pasadas de rotativa en los meses de agosto y setiembre.

3.1.4. Diseño experimental

En ambos experimentos el diseño fue en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones en el espacio para el experimento 1 y dos en el experimento 2.

En el experimento 1 los bloques 1, 2, 3 y 4 fueron divididos en cuatro parcelas y cada tratamiento fue distribuido al azar en cada una de ellas. El área promedio de cada parcela fue de 0,72, 0,71, 0,26 y 0,26 ha en CN, CNm, 60N y 120N respectivamente, abarcando un total de 7,86 ha.

Para el experimento 2 el bloque 5 fue dividido en dos, bloque 5a y bloque 5b, los cuales a su vez se subdividieron en dos parcelas de aproximadamente 0,54 ha cada una, donde se adjudicaron al azar los dos tratamientos, 60 y 120. El área total del experimento 2 fue de 2,22 ha.

En la siguiente figura se detalla la distribución de los bloques y la ubicación de las parcelas con sus respectivos tratamientos.

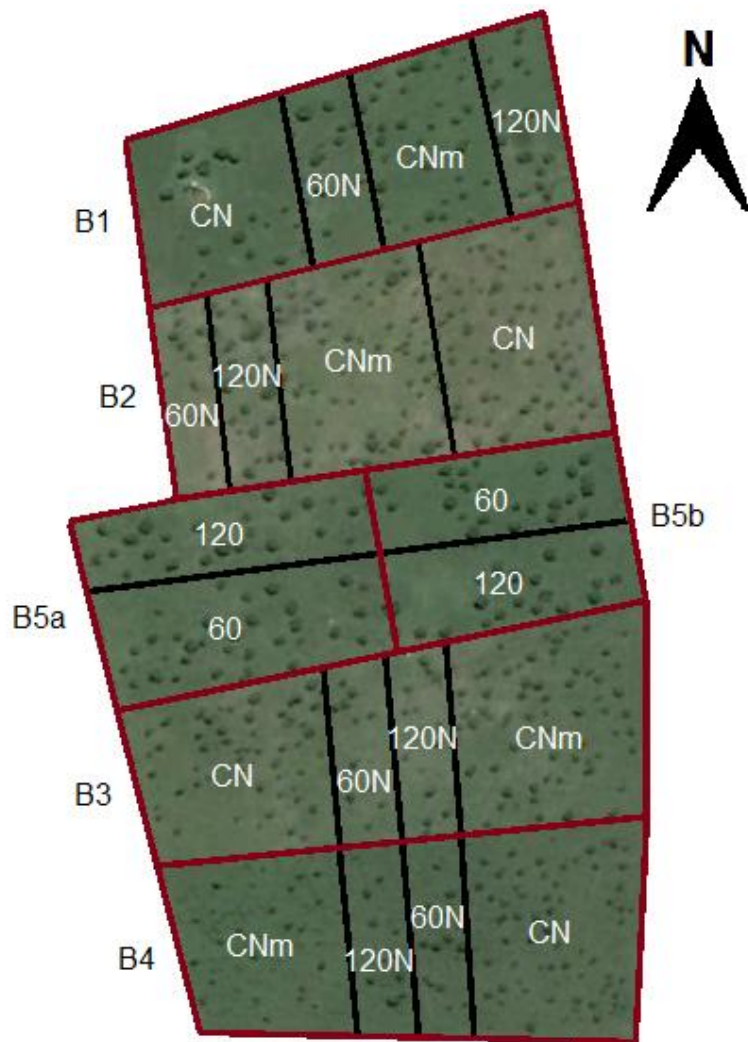


Figura No. 1. Croquis del área experimental.

3.1.5. Animales experimentales

El experimento se realizó con novillos de raza Holando de 1,5 a 2,5 años de edad, con un peso promedio inicial de 255 ± 45 kg PV en el experimento 1 y 352 ± 20 en el experimento 2. Los animales fueron asignados al azar a los distintos tratamientos.

Para evitar inconvenientes en el desempeño animal, los mismos recibieron control de parásitos internos y externos, tanto al inicio como en el transcurso del experimento.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. Manejo del pastoreo

El método de pastoreo empleado fue rotativo con carga variable, como forma de ajustar la OF a la estación del año. Se fijó una OF a *priori* de 6 a 8% de PV para invierno y de 10 a 12% en primavera. Para lograr dicho objetivo, la OF se ajustó utilizando animales fijos, llamados “tester”, y animales “volantes”, según el método de “put-and-take”. Este método permitió que las comparaciones entre tratamientos sean válidas, ya que el ajuste de la OF generó que la variable carga animal sea función de la producción de la pastura, logrando así intensidades de pastoreo uniformes (Blaser et al., Lucas, Mott, Mott y Lucas, citados por Maraschin, 1993).

Los ciclos de pastoreo para el experimento 1 fueron de 58 días, de los cuales 14 días fueron de pastoreo y 42 de descanso. En el experimento 2 este ciclo fue de 28 días, de los cuales 14 fueron de pastoreo y 14 de descanso.

3.2.2. Determinaciones en producción primaria

3.2.2.1. Materia seca presente

Para estimar la materia seca presente, se aplicó el método de doble muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975) en combinación con el método Botanal (Tothill et al., 1992) para determinar la participación de los componentes de la materia seca. Las medidas se realizaron antes del ingreso de los animales al potrero (disponible) y después de la salida (remanente) de los mismos.

En primera instancia se recorrió el área experimental, y con un cuadro de 0,5 x 0,5 m se definió una escala de 5 puntos que representó los rangos de materia seca presentes en la pastura. Esta escala presentó valores que fueron del 1 al 5, donde 1 era el de menor disponibilidad y 5 el de mayor, quedando 2, 3, y 4 como valores intermedios de materia seca presente. Para esto se tuvo en cuenta todas las especies presentes con excepción de malezas de campo sucio. Una vez definida la escala, en cada unidad de muestreo se registraron cinco lecturas de altura en cm, tomando como referencia la altura de la hoja verde más alta que contactaba con la regla. Por cada valor de escala se realizaron 3 cortes a 1 cm del suelo, obteniéndose un total de 15 muestras. Estas muestras de materia seca fueron pesadas en fresco y secadas en estufa de aire forzado a 60°C, por un período de 48 a 72 horas, hasta obtener un peso constante de las mismas. Con la información de masa de forraje en kg/ha, la

altura promedio y/o el valor de escala se establecieron relaciones funcionales que asociaron la altura o el valor de escala con la masa de forraje presente.

Mediante el método Botanal (Tothill et al., 1992) se estimó la contribución porcentual de diferentes especies y/o fracciones pre-establecidas al forraje presente. Para estimar la materia seca presente y su composición se tomaron 40 muestras en las parcelas de 60N y 120N del experimento 1, y 60 en las parcelas restantes, con cuadrados de 0,25 m². Se realizó un muestreo sistemático recorriendo el área total de las parcelas, procurando que sea homogéneo y representativo. Se tomaron tres registros de altura por cada muestra, teniendo en cuenta el valor de la hoja verde más alta que tomaba contacto con la regla, sin tener en cuenta la hoja bandera de macollas en floración, ni las cañas. A su vez, a cada muestra se le asignó un valor de escala, de acuerdo a lo determinado anteriormente.

Por último, se ajustaron ecuaciones de regresión para los valores de kg/ha de MS tanto por escala como por altura, y se seleccionó el de mayor coeficiente de determinación de las funciones (R²). De acuerdo al valor seleccionado, se ingresaron los parámetros de regresión a y b en la planilla Botanal y se obtuvieron los kg/ha de materia seca presente en cada parcela y por grupo de especie evaluada.

3.2.2.2. Materia seca producida

La materia seca producida (MSProd) corresponde a la suma del forraje producido en cada ciclo de pastoreo. Este dato se obtuvo restándole a la materia seca presente al inicio de cada pastoreo la materia seca remanente (MSR) del pastoreo anterior de la misma parcela, y luego sumándole a este resultado lo producido durante el período de pastoreo (tasa de crecimiento*días de pastoreo).

3.2.2.3. Tasa de crecimiento diaria

Para el cálculo de la tasa de crecimiento diaria (TC) se le restó a la materia seca presente al inicio de cada pastoreo la materia seca remanente (MSR) del período anterior de la misma parcela, y se dividió entre los días de descanso de la pastura.

3.2.2.4. Materia seca disponible

La materia seca disponible (MSD) fue estimada como la suma de la materia seca presente al inicio de cada pastoreo y la producción de forraje durante el período de pastoreo ($TC \cdot \text{días de pastoreo}$).

3.2.2.5. Materia seca remanente

La materia seca remanentes (MSR) se obtuvo estimando la materia seca presente al final de cada pastoreo.

3.2.2.6. Altura de forraje disponible y remanente

Tanto la altura disponible (AltD) como remanente (AltR), fueron estimadas mediante el promedio de alturas registradas en cada cuadro. En las parcelas con mayor área se tomaron 180 valores de altura, mientras que en las parcelas menores se registraron 120.

3.2.2.7. Materia seca desaparecida

Para calcular la materia seca desaparecida (MSDes) se calculó la diferencia entre la materia seca disponible al inicio del pastoreo (MSD) y la materia seca remanente al fin del pastoreo (MSR). En base a los kg MSD se halló el porcentaje de desaparecido ($\text{Des.} = [\text{kg MSDes} / \text{kg MSD}] \cdot 100$).

3.2.3. Determinaciones en composición botánica

Para determinar la composición botánica de la pastura se pre-establecieron, utilizando el método Botanal (Tothill et al., 1992), 15 especies y grupos de especies, agrupadas por características de ciclo de producción, tipo productivo, tipo vegetativo y hábito de vida. Las especies y grupos de especies determinadas fueron: 1- *Bromus auleticus*; 2- *Stipa setigera*; 3- gramíneas invernales perennes; 4- gramíneas invernales anuales; 5- *Paspalum notatum*; 6- *Paspalum dilatatum*; 7- gramíneas estivales finas y tiernas; 8- gramíneas estivales ordinarias y duras; 9- hierbas menores; 10- hierbas enanas; 11- cardos; 12- restos secos; 13- leguminosas sembradas; 14- otras leguminosas; y 15- ciperáceas y juncáceas. Fue utilizado el ranking propuesto por Tothill (1978) para la estimación de la MS en kg/ha y el porcentaje que representa cada especie o grupo de especie evaluada.

La información relevada de los grupos y especies fue resumida en las siguientes fracciones: materia verde (MV), restos secos (RS), gramíneas

invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), hierbas (Hier.), leguminosas (Leg.) y cardos (C). En las gramíneas invernales perennes, se incluyeron los datos de *Stipa setigera* y *Bromus auleticus*. A su vez, dentro del grupo gramíneas estivales finas y tiernas, se sumaron las especies *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*. Por otro lado, leguminosas sembradas y otras leguminosas se agruparon en único grupo denominado leguminosas, al igual que hierbas enanas, hierbas menores y ciperáceas y juncáceas, que se evaluaron en conjunto como hierbas.

Se evaluó, además, el área de suelo descubierto (SD en %), cobertura de malezas de campo sucio (MCS en %) y específicamente, la cobertura de *Eryngium horridum* (Eh en %), las cuales no contribuyen a la MSD pero pudieron afectar en parte el comportamiento animal en pastoreo.

3.2.4. Determinaciones en producción secundaria

3.2.4.1. Carga

La carga media (CM) fue estimada calculando los kg de PV totales presentes en cada tratamiento, dividiéndolos por la superficie total de los mismos.

Para determinar la carga instantánea (CI), los kg de PV fueron divididos por la superficie de la parcela que pastoreaban en ese momento. Esto se estimó para cada estación y luego se ponderó para el total del período evaluado.

3.2.4.2. Peso vivo

El peso se determinó mediante pesadas con balanza electrónica cada 30 días. Los animales antes de ser pesados se mantuvieron en ayuno por 12 horas, como medida para disminuir el error que puede ocurrir por variaciones en llenado diferencial del tracto digestivo.

3.2.4.3. Ganancia media diaria animal

La ganancia media diaria de los animales (GMD) se estimó tanto estacional como para el total del período. Para su cálculo se restó el peso final menos el inicial de cada animal y se dividió este resultado entre los días de cada estación o del período total. Las ganancias individuales fueron corregidas

por el peso vivo inicial de los animales en cada estación o del inicio del experimento.

3.2.4.4. Ganancia por hectárea

Para determinar la ganancia por hectárea (G/ha) se extrapoló la ganancia media de los animales “tester” a todos los animales presentes en cada tratamiento, y se dividió por el área total de los mismos.

3.2.4.5. Oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) es definida como la asignación de materia seca por cada 100 kg de PV por animal (Maraschin, 1993). Mediante la determinación de los kg de MSD, el período de pastoreo y las OF objetivo, se estimó los kg de PV necesario para lograr estas OF, y se ajustó la carga agragando o sacando animales conforme fuera necesario.

3.3. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

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

3.4. MODELO ESTADÍSTICO

3.4.1. Modelo estadístico de la pastura

El modelo experimental para las distintas estaciones evaluadas corresponde a un diseño en bloques completos al azar (DBCA), representado como:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

- Y_{ij} : variable de interés;
- μ : media general;
- τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento;
- β_j : efecto del j-ésimo bloque;
- ε_{ij} : es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Se llevó a cabo el análisis de varianza entre tratamientos y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con una

probabilidad de 10%. Para el análisis del experimento 2, también se realizaron contrastes ortogonales.

3.4.2. Modelo estadístico animal

El modelo estadístico corresponde a un diseño completo al azar (DCA), representado como:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_1(PI_i - PI_m) + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

- Y_{ij} : variable de interés;
- μ : media general;
- τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento;
- β_1 : coeficiente de regresión de la covarianza PI;
- PI_i : peso animal al inicio de la estación (covariable);
- PI_m : peso animal medio al inicio de cada estación;
- ε_{ij} : es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Se llevó a cabo el análisis de covarianza entre tratamientos, teniendo como covariable el peso inicial de los animales en cada estación, y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con una probabilidad de 10%. En el experimento 2, se realizaron contrastes ortogonales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1. Temperatura

En la siguiente figura se presentan los registros de temperatura mensual promedio, mínima y máxima del período evaluado y la media de la serie histórica 2002-2015.

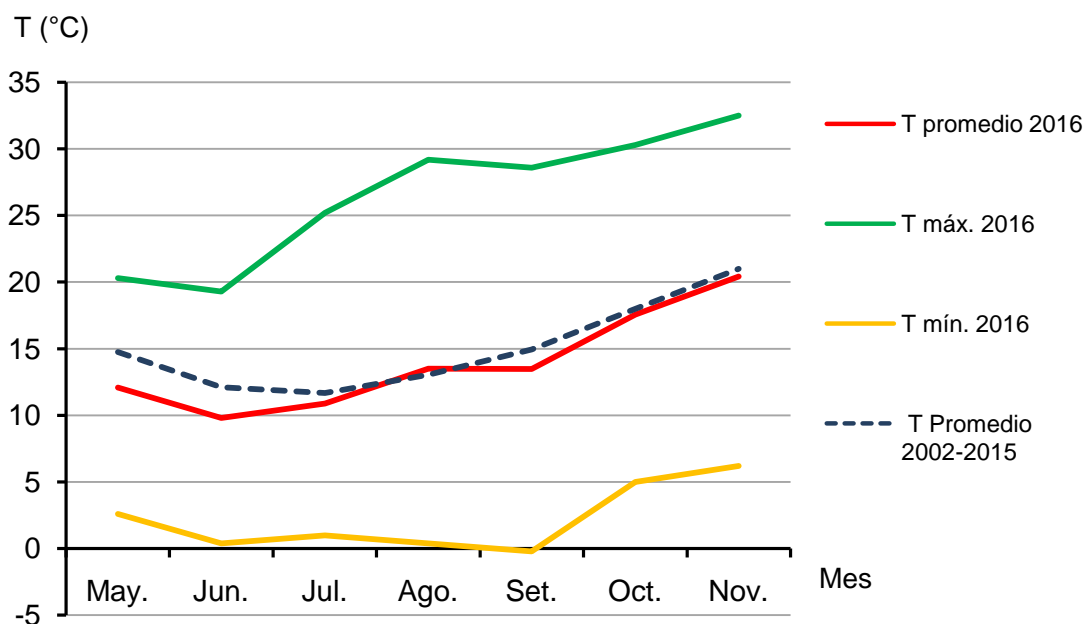


Figura No. 2. Temperatura máxima, mínima y media entre mayo y noviembre de 2016 y las medias de los mismos meses del período 2002-2015.

A través de la figura se desprende que la temperatura promedio del período de evaluación fue similar a la de la serie histórica 2002-2015. Las mayores diferencias se registraron en los meses de mayo, junio y setiembre, con temperaturas promedio de 2,2°C por debajo de la media histórica de dichos meses.

Cabe destacar la presencia de temperaturas bajo 0 °C en el mes de setiembre, lo que pudo haber ocasionado heladas tardías

4.1.2. Precipitaciones

A continuación, se presentan las precipitaciones mensuales del período evaluado y el promedio de la serie histórica 2002-2015.

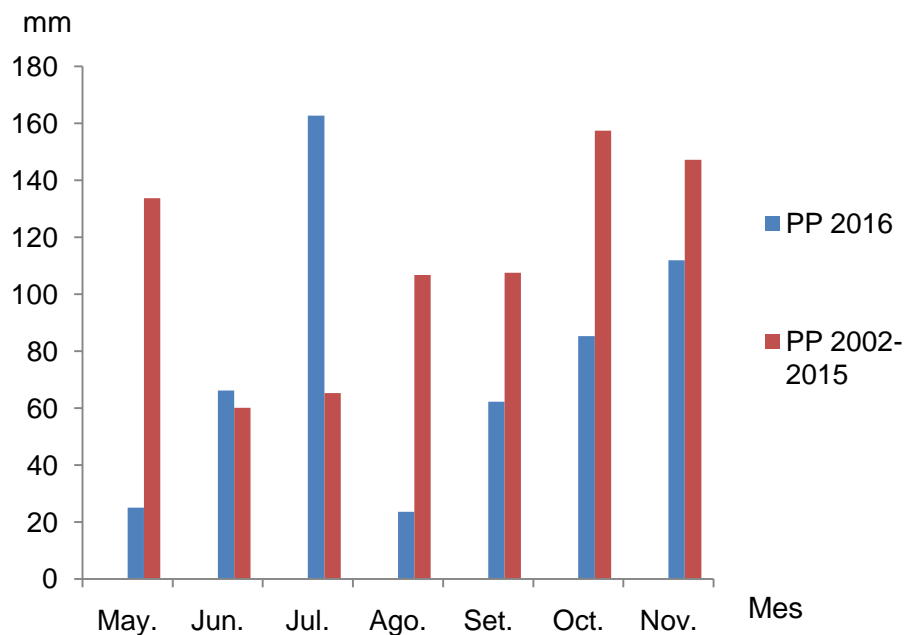


Figura No. 3. Precipitaciones mensuales del período de evaluación y promedio históricas 2002-2015 en milímetros (mm).

Se observa que en el período evaluado las precipitaciones mensuales fueron menores a la del promedio histórico, con excepción de los meses junio y julio. Se destacan las precipitaciones de julio, que estuvieron 100 mm por encima de la media histórica. En junio las mismas fueron similares a las obtenidas en promedio entre 2002-2015. En los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre se registraron precipitaciones 78, 42, 46 y 24% inferiores respectivamente a las de la media de la serie histórica.

4.1.3. Balance hídrico

A través del registro de precipitaciones y evapotranspiración potencial se calculó el balance hídrico del período 15 de abril - 30 de noviembre de 2016. Mediante éstos se halló el almacenaje de agua en el suelo (Alm) y la evapotranspiración real (ETR), teniendo en cuenta que en los suelos CONEAT

11.3 el agua potencialmente disponible neta es de 86 mm (Molfino, 2009). De esta forma se calcularon los períodos de excesos y déficit hídricos. Se tomó como punto de referencia el 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN), debido a que por debajo de este porcentaje se dificulta la absorción de agua por parte de las plantas (García Petillo, 2012). Cabe destacar que se comenzó el balance hídrico el 15 de abril debido a que en este momento el perfil del suelo se encontraba a capacidad de campo.

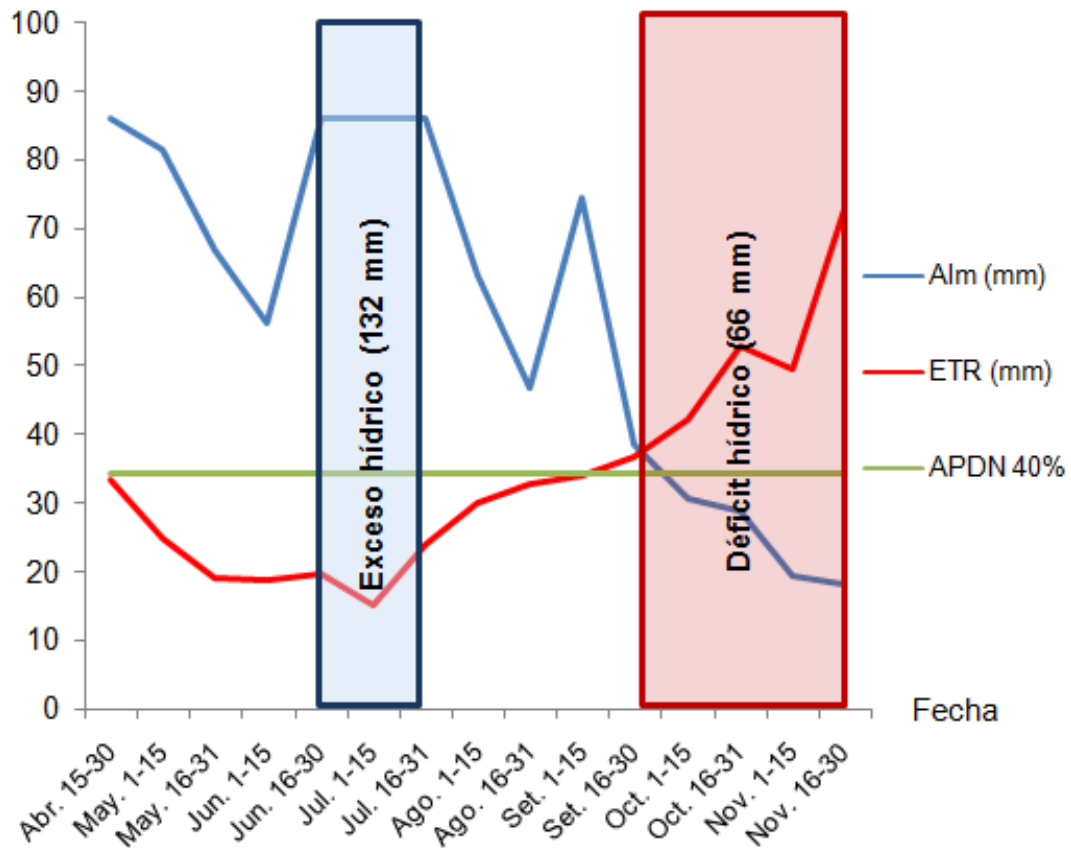


Figura No. 4. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm) y evapotranspiración real (ETR) con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%), y períodos de déficits-excesos hídricos entre el 15 de abril y el 30 de noviembre.

Como se puede observar en la figura No. 4 existió un exceso hídrico durante el mes de julio de 132 mm, lo que coincide con las elevadas precipitaciones y los bajos valores de ETR registrados en dicho mes. En agosto, debido a la escasez de lluvia, se constató un claro descenso en el Alm, seguido por un aumento en la primera quincena de setiembre. A partir del 16 de

setiembre hasta el final del período de evaluación se generó un déficit hídrico acumulado de 66 mm, que llevó a que el Alm sea menor al APDN 40%. Esta deficiencia se explica por los bajos niveles de precipitaciones y aumento en la ETR.

4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1

En la siguiente sección se analiza el efecto de los niveles crecientes de intervención en campo natural sobre la producción primaria, composición botánica del forraje disponible y remanente, y en la producción secundaria obtenidos en el período total de evaluación, invierno, invierno-primavera y primavera.

4.2.1. Producción primaria

4.2.1.1. Total del período

A continuación, se presentan los resultados de producción de forraje del total del período de evaluación.

Cuadro No. 1. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	2323	13,9
CNm	2697	16,1
60 N	3224	19,2
120 N	3890	23,9

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

En el total del período no existió diferencias significativas en la MSProd ($p=0,128$) ni en la TC ($p=0,528$).

Igualmente es importante destacar que, en valores absolutos, existió un comportamiento creciente en ambas variables a medida que aumentó la intervención del campo natural. En promedio los tratamientos con agregado directo de N presentaron una producción casi 1000 kg/ha superior que el CN y CNm, sin ser estadísticamente significativa. A su vez, 120 N obtuvo una TC promedio 72% superior al CN.

Las TC encontradas con el agregado de N se asemejan a las obtenidas por Boggiano et al. (2000c), quienes con bajas OF y dosis de N entre 170-200 kg/ha, obtuvieron crecimientos anuales de 20 kg/ha/día. A su vez, los resultados en producción de forraje coinciden con lo expuesto por Berretta et al. (2005b), quienes encontraron que con la fertilización NP la producción aumentó 60%.

En cuanto a la eficiencia en el uso del nitrógeno, el tratamiento 60 N fue el que presentó la mayor respuesta, siendo de 15 kg/ha por kg de N; 120 N tuvo una eficiencia de 13 kg/ha por kg de N agregado. De todas formas, dichas eficiencias fueron muy inferiores a las obtenidas por Álvarez et al. (2013), quienes encontraron una respuesta anual de 46 kg/ha por kg de N.

Cuadro No. 2. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el total del período.

Trat.	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
CN	2650	11,3	1685	6,3	965	35,3
CNm	2565	10,7	1662	6,3	903	34,3
60 N	2861	13,2	1797	7,1	1064	35,6
120 N	3094	14,1	1908	7,9	1185	35,8

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

No se encontró diferencias estadísticamente significativas para las variables presentadas entre los distintos tratamientos en el período total (MSD: $p=0,546$; AltD: $p=0,121$; MSR: $p=0,618$; MSDes: $p=0,658$; Des.: $p=0,982$). La AltR presentó efecto de tratamiento ($p=0,076$), aunque las mínimas diferencias significativas no permitieron diferenciarlos.

Todas las variables fueron muy similares durante todo el período entre tratamientos. Al no existir diferencias significativas en MSD y OF (cuadro No. 33), es esperable que no se haya diferenciado la MSR. A su vez, al no haberse registrado diferencias en el forraje disponible y remanente, es coherente la igual tendencia que tuvo la MSDes y el Des.

4.2.1.2. Invierno

Se presenta a continuación el análisis de las variables de producción primaria en el período invierno.

Cuadro No. 3. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período invierno.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	736	13,1
CNm	739	13,2
60 N	524	9,4
120 N	816	14,6

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

No se observaron diferencias significativas en MSProd ($p=0,576$) ni en TC ($p=0,575$) entre los tratamientos en invierno.

Esto coincide con la respuesta encontrada por Bottaro y Zavala (1973), Pirez (2012) para el mismo período sobre el efecto del agregado de N al campo natural. Ambos no encontraron aumentos marcados en la producción en los tratamientos fertilizados.

Pirez (2012) con 100 kg/ha de N obtuvo respuestas similares en TC invernal. Encontró que en el tratamiento fertilizado el crecimiento fue de 11,2 y en campo natural de 5,8 kg/ha/día de MS, sin existir diferencias significativas entre ambos. En cambio, se diferenció de lo obtenido por Bemhaja (1998a), Bemhaja (1998b), quien observó que con la fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas la tasa de crecimiento invernal aumentaba.

La tasa de crecimiento de la pastura es fuertemente afectada por las condiciones ambientales, siendo la temperatura el factor al cual las plantas responden de manera instantánea (Colabelli et al., 1998). Las bajas temperaturas, heladas y los excesos hídricos registrados durante el período pueden explicar la escasa respuesta en la TC y MSProd al agregado de N y la introducción de leguminosas.

Cuadro No. 4. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el período invierno.

Trat.	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
CN	3088	13,6	1790	6,9	1298	42,1
CNm	2704	11,3	1732	6,6	971	35,4
60 N	2687	11,8	1815	7,0	872	33,5
120 N	2843	12,2	1947	7,9	895	30,9

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

En el período invierno no existieron diferencias estadísticamente significativas para las variables presentadas entre los distintos tratamientos (MSD: $p=0,274$; AltD: $p=0,348$; MSR: $p=0,347$; AltR: $p=0,413$; MSDes: $p=0,260$; Des.: $p=0,444$).

Al no encontrarse diferencias entre MSD y MSR, es de esperar que la MSDes no varíe entre tratamientos. A pesar de haberse obtenido diferencias en la OF (cuadro No. 34), las mismas no se reflejaron en la MSR ni en MSDes.

La no diferencia en la MSD se explicaría a través de que tanto los remanentes como la TC no son distintos, por lo que los ritmos de acumulación de forraje no se diferenciaron entre tratamientos, reflejado en la MSProd.

4.2.1.3. Invierno–primavera

Se describen a continuación los resultados en producción primaria registrados en invierno-primavera.

Cuadro No. 5. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período invierno-primavera.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	438	7,9
CNm	598	10,8
60 N	719	12,9
120 N	766	13,9

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

No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en MSProd ($p=0,492$) como tampoco en TC ($p=0,493$). Esto se explicó por una gran variabilidad de los registros en un mismo tratamiento, lo que se refleja a través del coeficiente de variación (CV: MSProd=49,8%; TC=49,9%).

Esto fue atribuido a que este período abarcó el fin de invierno e inicio de primavera, por lo que se consideró un período bisagra entre ambas estaciones donde se registraron bajas temperaturas invernales, alcanzando temperaturas bajo 0°C, y el comienzo de las altas temperaturas primaverales. A su vez el exceso hídrico registrado en el mes de julio, pudo haber generado la pérdida de N en suelo por la lixiviación del mismo.

Por otro lado, el aumento de las temperaturas medias diarias, combinado con la fertilización nitrogenada a fin de invierno, permitieron de forma simultánea incrementar la velocidad de aparición y elongación foliar, y por ende, la tasa de crecimiento (Colabelli et al., 1998). Esto generó a su vez una mayor MSProd. Además, se debe tener en cuenta que en este período se dio el cambio fenológico de las especies invernales, pasando de estado vegetativo a reproductivo, aumentando así la producción de forraje.

Se observó un comportamiento creciente en el promedio de la TC hacia los tratamientos fertilizados con N. Esto pudo estar explicado porque el N es el factor más influyente sobre la tasa de elongación foliar, particularmente en especies con alta respuesta a este nutriente como *Lolium multiflorum* (especie de alta participación en las parcelas fertilizadas con N), lo que determinó un mayor crecimiento aéreo de la pastura cuando la temperatura no fue limitante (Gastal y Lemaire, citados por Colabelli et al. 1998, Rodríguez, citado por Zanoniani et al. 2011).

En cambio, en CNm, no se obtuvieron aumentos apreciables en la MSProd y TC con respecto al CN. Estos resultados no coincidieron con lo encontrado por De Brum (2004), quien obtuvo que el crecimiento de la pastura en un mejoramiento con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* fue 2,5 y 3 veces superior a la del campo natural respectivamente. Sin embargo, los resultados que obtuvo para ambas variables en CN fueron muy similares a los encontrados en el presente experimento.

Cuadro No. 6. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el período invierno-primavera.

Trat.	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
CN	2162	9,3	1553	5,7	609	27,1
CNm	2167	9,3	1464	5,4	703	32,1
60 N	2292	11,5	1620	6,3	673	28,8
120 N	2498	12,5	1668	6,7	830	31,9

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

No se observaron diferencias significativas para MSD ($p=0,889$) ni para AltD ($p=0,440$), como tampoco existieron diferencias en MSR ($p=0,742$) ni en AltR ($p=0,649$). Ocurrió lo mismo para MSDes ($p=0,429$), resultado esperable al no existir diferencias en MSD y MSR, variables que la determinan. En cuanto al porcentaje de Des., se encontró efecto de tratamiento ($p=0,074$), pero las mínimas diferencias significativas son tales que no permiten diferenciarlos.

Los valores obtenidos de OF (cuadro No. 35) explicarían que las variables MSR y AltR no se hayan diferenciado entre tratamientos.

En este período se registró el menor valor de MSD en todos los tratamientos, explicado por la desaparición del forraje diferido en pie desde el otoño y la baja tasa de crecimiento del mismo.

4.2.1.4. Primavera

A continuación, se presentan los resultados de las variables de producción primaria para el período primavera.

Cuadro No. 7. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período primavera.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	1150 B	20,5 B
CNm	1360 AB	24,3 AB
60 N	1984 AB	35,4 AB
120 N	2308 A	43,1 A

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

En primavera se encontraron diferencias significativas tanto en MSProd ($p=0,046$) como en TC ($p=0,065$) entre los tratamientos 120 N y CN.

El aumento de la MSProd y de la TC de todos los tratamientos en primavera respecto a los períodos anteriores, se explicaría por el incremento de la temperatura, que como se mencionó anteriormente, aceleró la velocidad de aparición y elongación foliar. Con mayores niveles de N la tasa de macollaje se ve promovida, lográndose una mayor concreción de las yemas formadas en el proceso de aparición foliar.

Los valores obtenidos tanto en MSProd como TC en el tratamiento 120 N son aproximadamente 100% superior al CN. Esto superó lo reportado por Rodríguez Palma et al. (2009) quienes hallaron tasas de crecimiento 46% mayores a las del campo natural fertilizando con 100 kg/ha de N. Álvarez et al. (2013) observaron una respuesta lineal en la producción de forraje al agregado de N hasta 263 kg/ha en primavera, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta estación.

Por otra parte, si bien no existieron diferencias en ambas variables entre los tratamientos 60 N y CN, se observó un comportamiento creciente con el agregado de N. En cuanto a la TC, resultados similares fueron obtenidos por Berreta et al. (1998b) quienes reportaron que en campo natural la misma fue de 19 kg/ha/día de MS, y con 92 kg/ha de N fue de 35 kg/ha/día de MS. En el presente experimento, al haberse obtenido TC semejantes con dosis menores de N, se pudo concluir que hubo una mayor eficiencia en el uso del N, ya que existió una respuesta superior al nutriente.

En CNm los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Garín et al. (1993), González y Rodríguez (2006), quienes obtuvieron tasas de crecimiento entre $29,5 \pm 3,5$ y 30 ± 13 kg/ha/día de MS respectivamente.

Cuadro No. 8. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y porcentaje de forraje desaparecido (Des.) para el período primavera.

Trat.	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
CN	2702	11,2	1712	6,4	990	36,6
CNm	2824	11,5	1788	7,0	1036	35,6
60 N	3604	16,1	1956	8,1	1648	44,6
120 N	3941	17,6	2110	9,1	1831	44,7

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

La MSD presentó efecto de tratamiento ($p=0,092$), pero las mínimas diferencias significativas no los diferenciaron. En cambio en AltD ($p=0,123$) no existieron diferencias significativas. Para MSR ($p=0,106$) y AltR ($p=0,104$) no hubo diferencias entre tratamientos, al igual que en MSDes ($p=0,158$) y en Des. ($p=0,262$).

A pesar de que no se obtuvieron diferencias entre tratamientos en la MSD, se observó una tendencia al aumento en los tratamientos fertilizados con N, siendo en promedio 27% superior a la del CN y CNm. Estos resultados, según Ayala y Carámbula (1994a), se explicarían a través de la fertilización nitrogenada otoñal, que permite el incremento del macollaje de las especies invernales, y la fertilización a fin de invierno, que estimula el rebrote temprano de las especies estivales y continúa favoreciendo el crecimiento de las invernales, generando así mayores rendimientos en primavera.

En cuanto a la MSDes, a pesar de que no presentaron diferencias significativas, se observó que el tratamiento 120 N duplica los valores obtenidos en CN. Este comportamiento presentado por esta variable no generó diferencia entre tratamientos lo cual se puede explicar por una gran variación en los registros de este período ($CV=42\%$).

4.2.2. Composición botánica

4.2.2.1. Total del período

Seguidamente se presentan los resultados globales de todo el período en la composición botánica del forraje disponible.

Cuadro No. 9. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el total del período.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	2650	80 B	20 A
CNm	2565	85 AB	15 AB
60 N	2861	88 AB	12 AB
120 N	3094	92 A	8 B

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

Se obtuvieron diferencias significativas tanto en MV ($p=0,026$) como en RS ($p=0,026$).

El tratamiento 120 N fue el que presentó mayor contenido de MV y menor de RS, diferenciándose únicamente del CN. Esta superioridad de MV en 120 N se podría explicar, como se observa en el cuadro siguiente, por la mayor participación de especies invernales que se encontraban en activo crecimiento a lo largo de todo el período de evaluación. Esto se debe, según Colabelli et al. (1998), a que el N estimula la expansión foliar de las gramíneas, generando así una mayor área foliar fotosintéticamente activa y por ende un mayor porcentaje de MV.

Cuadro No. 10. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el total del período.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	27	11 B	25 A	6 A	1 B	7	2
CNm	32	15 B	18 AB	3 AB	7 A	8	2
60 N	25	32 A	16 B	2 B	1 B	8	4
120 N	28	38 A	11 B	2 B	1 B	9	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Se encontraron diferencias significativas en GIA ($p < 0,001$), GEFT ($p = 0,005$), GEOD ($p = 0,036$) y Leg. ($p = 0,002$).

Las GIA tuvieron mayor presencia en los tratamientos con agregado de N, representado casi exclusivamente por la especie *Lolium multiflorum*. Esta respuesta concuerda con Ayala y Carámbula (1994a) quienes encontraron que el aumento en la fertilidad del suelo favorece el crecimiento de especies de alta respuesta al agregado de N, como las gramíneas anuales, tornándolas más competitivas, y como consecuencia se genera un aumento en la participación de las mismas. Por otra parte, Boggiano et al. (2005) aseveran que el agregado de N triplica la proporción de las gramíneas invernales.

El mayor desarrollo y crecimiento de GIA en los tratamientos 120 N y 60 N, pudo haber desplazado a las especies como *Stipa setigera* que presentó efecto de tratamiento ($p = 0,040$), estando más presente en los tratamientos CNm y menos en 120 N, sin diferenciarse entre los restantes (anexo No. 6).

A su vez, las GEFT, particularmente *Paspalum notatum* ($p = 0,002$; anexo No. 6), y GEOD, estuvieron más presentes en CN, siendo significativamente distinto a 60 N y 120 N. Estos grupos de especies también pudieron haber sido desplazados por el gran crecimiento y vigor de las GIA debido a la fertilización nitrogenada y fosfatada otoño-invernal. Esto generó que la relación gramíneas invernales/gramíneas estivales aumentara con el incremento de la intervención de CN, siendo máxima en 120 N ($GI/GE=5$) y mínima en CN ($GI/GE=1,2$). Esto concuerda con Zanoniani (2009) quien obtuvo que la contribución de gramíneas invernales aumenta con el agregado de N hasta dosis de 180 kg/ha, logrando participaciones de gramíneas invernales que superaron 3 veces a las gramíneas estivales. Se destacó que en el

presente experimento la respuesta que se encontró en las gramíneas invernales fue aún mayor.

Las Leg. estuvieron presentes en promedio en el tratamiento CNm en un 7%, de las cuales 6% correspondieron a *Trifolium pratense* y *Lotus tenuis* (anexo No. 6). Con intensidades de pastoreo muy similares a las utilizadas en el experimento, Mezzalira et al. (2006) obtuvieron que la participación de las leguminosas sembradas fue de 2,5%, lo que representa menos de la mitad de las encontradas en el tratamiento CNm.

Cuadro No. 11. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el total del período.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	7	3 AB	1 B
CNm	6	5 A	3 A
60 N	5	2 B	1 B
120 N	6	3 AB	2 B

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

Existió efecto de tratamiento en MCS ($p=0,047$) y Eh ($p=0,003$).

Se observó que la cobertura de SD osciló entre 5 y 7%, resultados superiores a los obtenidos por André et al. (2016) en el mismo período de evaluación.

En cuanto a las MCS, las mismas estuvieron más presentes en el tratamiento CNm y menos en 60 N. Según Rodríguez Palma et al. (2008) la fertilización nitrogenada reduce la incidencia de MCS, lo que coincidió con lo obtenido en el tratamiento 60 N, pero no en 120 N, ya que no se diferenció de CN. A su vez, Eh estuvo más presente en CNm, que podría estar explicado porque en promedio dicho tratamiento presentó menor MSD (cuadro No. 2) a lo largo de todo el período, lo que pudo haber generado una menor competencia y permitió un mayor desarrollo de esta maleza.

A continuación se presentan los resultados de las variables composición botánica del forraje remanente en el total del período de evaluación.

Cuadro No. 12. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el total del período.

Tratamiento	MSR (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1685	82	18
CNm	1662	79	21
60 N	1797	87	13
120 N	1908	88	12

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

No existieron diferencias significativas en MSR, MV ni RS.

Se observó un marcado aumento de los RS con respecto al forraje disponible en todos los tratamientos. Al ser la fracción MV el resultado de quitarle a la materia seca total los RS, la disminución de MV fue consecuencia del aumento de los RS. La razón de dicho aumento pudo haber sido la preferencia de la fracción verde por parte de los animales, que llevó a rechazar los RS, generando un aumento del mismo en el forraje remanente.

Cuadro No. 13. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el total del período.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	24	10 B	31 A	5	1 B	7	4
CNm	24	10 B	25 AB	4	4 A	8	4
60 N	26	23 A	22 B	3	1 B	7	4
120 N	26	29 A	17 B	4	1 B	6	5

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

Existieron diferencias significativas en GIA ($p < 0,001$), GEFT ($p = 0,001$) y Leg. ($p = 0,002$).

Las GIA, como ocurrió en el forraje disponible, presentaron una mayor contribución en los tratamientos fertilizados con N. Igualmente, en dichos tratamientos, se registró un elevado desaparecido de estas especies siendo en promedio de 550 kg/ha en cada ciclo de pastoreo. Esto se podría atribuir al alto

contenido de PC y alta digestibilidad del *Lolium multiflorum* que genera una mayor preferencia animal (Aganga et al., 2004).

En cuanto a las GEFT, como se observó en la MSD, el tratamiento CN presentó una mayor participación de las mismas, representado principalmente por *Paspalum notatum* ($p=0,001$), que tuvo el mismo comportamiento que este grupo (anexo No. 7). El aumento relativo del *P. notatum* en el forraje remanente se podría explicar porque al ser una especie de porte postrado, pudo evadir el pastoreo.

Por su parte, las Leg., estuvieron más presente en el tratamiento CNm, representado principalmente por las leguminosas sembradas ($p=0,001$). El desaparecido promedio en cada ciclo de pastoreo de *T. pratense* y *L. tenuis* en todo el período experimental fue de 120 kg/ha en dicho tratamiento.

Cuadro No. 14. Cobertura porcentual de suelo desnudo (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje remanente promedio según tratamiento en el total del período.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	7	1 B	1 B
CNm	6	4 A	3 A
60 N	6	2 AB	1 AB
120 N	6	3 AB	2 AB

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

Presentaron diferencias estadísticamente significativas MCS ($p=0,037$) y Eh ($p=0,061$).

En el forraje remanente se observó una reducción de las MCS en el tratamiento CN. Como se observó en la materia seca disponible, CNm fue el que presentó mayor cobertura de las mismas, particularmente de Eh.

De todas formas, se destacó la baja incidencia de malezas en todos los tratamientos durante todo el período, que se podría explicar por el control químico y mecánico llevado a cabo.

4.2.2.2. Invierno

Se analizan a continuación las variables de composición botánica en el forraje disponible obtenidas en invierno.

Cuadro No. 15. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	3088	75	25
CNm	2704	76	24
60 N	2687	78	22
120 N	2843	84	16

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

No se encontraron diferencias significativas para ninguno de los parámetros evaluados. El contenido de RS en todos los tratamientos fue bajo si se lo compara con lo reportado por Olmos (1992), quien obtuvo en campos naturales de Caraguatá un porcentaje de RS mayor a 60% en invierno.

A pesar del bajo contenido de esta fracción en el experimento, se observó una superioridad frente al resto de los períodos evaluados (cuadros No. 21 y 27), explicado a través de las bajas temperaturas invernales que producen la senescencia del forraje existente, la baja tasa de crecimiento de las especies estivales (Olmos, 1992), y del diferimiento de forraje en pie de otoño a invierno.

Cuadro No. 16. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	29	3	28	8	0 B	4	5
CNm	34	8	20	7	1 A	4	2
60 N	27	20	20	3	0 B	4	5
120 N	31	23	21	4	0 B	5	1

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

No existieron diferencias significativas en las variables analizadas, con excepción de Leg. ($p=0,002$), en el cual el único tratamiento diferente fue CNm. De igual manera, en este período se observó una baja participación de las mismas, debido a las características fisiológicas de las especies implantadas.

A pesar de que en GIP no se encontraron diferencias significativas, al desglosar este grupo (anexo No. 8), se observó que no existieron variaciones en el contenido de *Stipa setigera* y *Bromus auleticus*, pero si en la proporción del resto de las gramíneas invernales perennes evaluadas en conjunto, siendo las mismas estadísticamente significativas ($p=0,043$). El tratamiento con mayor aporte de estas especies fue CN con un 5%; mientras que el de menor contribución fue CNm con 1%. No existieron diferencias significativas entre el resto de los tratamientos.

En cuanto a las GIA, se observó un comportamiento creciente con el agregado de N, siendo *Lolium multiflorum* la especie dominante. Esto se debió a que dicha especie presenta muy alta respuesta al agregado de N, alcanzando producciones de hasta 24,9 kg/ha de MS por kg N agregado (Ayala y Carámbula, 1994b).

Cuadro No. 17. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período invierno.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	7	5	1
CNm	8	7	4
60 N	6	2	1
120 N	8	5	3

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

No existieron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables.

Los resultados en MCS concordaron con Berretta et al. (1998b), quienes encontraron que las mismas no aumentan su participación con la fertilización N.

A continuación se presenta la variación de la composición botánica luego del pastoreo en el período invierno.

Cuadro No.18. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno.

Tratamiento	MSR (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1790	66 B	34 A
CNm	1732	66 B	34 A
60 N	1815	76 AB	24 AB
120 N	1947	80 A	20 B

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

Existieron diferencias significativas en MV ($p=0,036$) y RS ($p=0,036$).

Los tratamientos CN y CNm presentaron los menores valores de MV y mayores de RS, sin diferenciarse con 60 N. Por otro lado, en 120 N se registró el mayor porcentaje de MV, sin diferenciarse significativamente con 60 N.

Cuanto mayor fue el aporte de N al sistema el contenido de MV fue superior. Esto se explicaría porque el N acelera los procesos fisiológicos de la planta, a través de una mayor actividad fotosintética que permite una rápida recuperación de la misma luego de ser pastoreada.

Se apreció que el contenido de RS en los remanentes de todos los tratamientos fue superior al del disponible, y a su vez estos fueron mayores al resto de los períodos evaluados. Esto se explicaría a través de un mayor contenido de forraje diferido en pie desde otoño, en el que predominaron especies estivales que se encontraban en período de senescencia y/o latencia durante el invierno. Dichas especies son las menos apetecidas por los animales ya que los mismos seleccionan material verde respecto al seco, como también una dieta con alto contenido de P, N y menor presencia de fibra (Millot et al., 1987).

Cuadro No. 19. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	26	8 B	22	5	0	4	1
CNm	22	9 AB	18	2	2	6	6
60 N	27	19 AB	21	4	0	3	2
120 N	28	26 A	13	5	0	3	4

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

Se encontraron diferencias significativas únicamente en GIA ($p=0,058$) entre los tratamientos CN y 120N; sin existir diferencias en los restantes. Como se mencionó anteriormente, esta respuesta se debió al comportamiento que presenta el *Lolium multiflorum* frente al agregado de N.

Se destacó que el contenido porcentual de las especies en MSR presentó un comportamiento similar al de MSD en este período.

Cuadro No. 20. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje remanente promedio según tratamiento en el período invierno.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	9	2 B	1
CNm	6	6 A	4
60 N	7	3 AB	3
120 N	7	5 AB	4

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

Las MCS ($p=0,052$) presentaron diferencias significativas, en cambio SD y Eh no tuvieron efecto de tratamiento.

El tratamiento CNm fue diferente significativamente de CN en cuanto a las MCS, presentando el primero los mayores valores para esta variable, sin diferenciarse de los restantes tratamientos. Esta respuesta se podría explicar a través de que el agregado de nutrientes como N y P_2O_5 promovió la germinación de malezas de campo sucio (Ríos, 1996).

4.2.2.3. Invierno–primavera

Seguidamente se presentan las variables de composición botánica del forraje disponible en invierno-primavera.

Cuadro No. 21. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno–primavera.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	2162	76 C	24 A
CNm	2167	82 BC	18 AB
60 N	2292	89 AB	11 BC
120 N	2498	93 A	7 C

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

Mediante el cuadro se pudo observar que existieron diferencias significativas en MV ($p=0,001$) y RS ($p=0,001$).

El tratamiento con mayor proporción de MV y menor de RS fue una vez más 120 N, sin diferenciarse de 60 N. En cambio se diferenció de los tratamientos CN y CNm, teniendo el primero el mayor porcentaje de RS.

Los niveles crecientes de N generaron aumentos paulatinos en el porcentaje de MV, que se explicaría, como se observa en el cuadro No. 22, por una mayor participación de especies invernales que se encontraban en activo crecimiento en este período.

En el caso del CN sucede lo contrario, debido a que la alta contribución de gramíneas estivales en el tapiz (cuadro No. 22), determinaron una mayor proporción de material muerto.

Cuadro No. 22. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno-primavera.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	26	14 B	21 A	4	0	9	1
CNm	29	18 B	13 AB	2	7	12	2
60 N	26	34 AB	12 AB	3	1	10	3
120 N	25	47 A	6 B	2	0	11	2

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

Se observaron diferencias estadísticas en GIA ($p=0,010$) y GEFT ($p=0,047$).

En GIA, el tratamiento 120 N se diferenció de CN y CNm, sin haberse obtenido diferencias entre 60 N y el resto de los tratamientos. Se pudo observar que en 120 N casi el 50% de las especies presentes en la pastura correspondió a GIA, representado casi exclusivamente por *Lolium multiflorum*, respuesta similar a la reportada por Cardozo et al. (2008), Bemhaja et al. (2008). Estos últimos encontraron que fertilizaciones otoño-invernales con N promueven la germinación del raigrás espontáneo, generando así un mayor aporte de las gramíneas invernales. Por otro lado, el aumento en la contribución de estas gramíneas fue superior al encontrado por Rodríguez Palma et al. (2008) luego de 6 años de fertilización continua, teniendo en cuenta que en el presente experimento el aumento de estas especies fue de 78%, mientras que lo encontrado por los autores fue de 25%.

La contribución de GEFT presentó diferencias entre los tratamientos CN y 120 N, lo que concuerda con Bemhaja et al. (2008), Rodríguez Palma et al. (2008) que observaron una reducción de la participación de las gramíneas estivales con la fertilización nitrogenada.

Dentro del grupo GEFT se encontraron diferencias significativas en la especie *Paspalum notatum* ($p=0,049$, anexo No. 10), presentando los mayores valores CN y los menores 120 N. Esta misma respuesta fue encontrada por Boggiano et al. (2008) que con el uso de niveles crecientes de N en otoño-invierno se redujo la población de macollos de esta especie, lo que generó una reducción de la producción estival. Esta respuesta fue resultado de la

competencia de las gramíneas invernales promovidas con la fertilización nitrogenada.

Las GEOD ($p=0,079$) presentaron efecto de tratamiento pero las mínimas diferencias significativas de 3,2 no permitieron diferenciarlos. Esto no coincide con Montossi et al. (2000) quienes reportaron una mayor participación de gramíneas estivales de tipo productivo ordinarias y duras en el CN frente al campo natural fertilizado.

El aumento de GIA a dosis crecientes de N, según Cardozo et al. (2008), indican una degradación del campo natural, ya que se sustituyeron áreas ocupadas originalmente por especies perennes, como el caso de *P. notatum*. Los mismos autores afirman que esta degradación es acompañada por un aumento de especies invasoras como *Cirsium* y *Carduus*, respuesta que no fue encontrada en este período.

Cuadro No. 23. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período invierno-primavera.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	8	2	1
CNm	5	4	4
60 N	6	2	2
120 N	5	2	1

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

No existieron diferencias significativas en la cobertura de ninguna de las variables.

A continuación se describe la composición botánica del forraje remanente del período invierno-primavera.

Cuadro No. 24. Materia seca remanente en kg/ha de MS (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período invierno-primavera.

Tratamiento	MSR (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1552	85 A	15 B
CNm	1464	74 B	26 A
60 N	1620	91 A	9 B
120 N	1668	92 A	8 B

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

Existieron diferencias significativas tanto en MV ($p=0,005$) como en RS ($p=0,005$).

Se encontró que el tratamiento con menor porcentaje de MV y mayor de RS fue CNm. Esto coincide con lo reportado por Montossi et al. (2000) quienes observaron que en campo mejorado con leguminosas la dieta seleccionada por los animales presenta menor proporción de material muerto que la de CN, lo que generaría que el porcentaje de restos secos de la materia seca remanente sea superior en estos tratamientos con respecto al testigo. El mayor porcentaje de MV que presentaron 60 N y 120 N se justificaría, como se mencionó anteriormente, por el efecto del N en la recuperación de la pastura luego de ser pastoreada.

Al comparar con el período anterior, se observó un descenso de los RS en todos los tratamientos en invierno-primavera. En el mismo la MSD es menor debido a que el forraje diferido ya fue consumido y las gramíneas perennes estivales están comenzando su rebrote, lo que llevó a un descenso en la proporción de RS.

Cuadro No. 25. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período invierno-primavera.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	19	10	37 A	4	1	9	5
CNm	22	9	24 AB	3	3	10	4
60 N	25	26	20 AB	3	1	8	7
120 N	26	28	18 B	4	0	8	8

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

Se obtuvieron diferencias significativas únicamente en GEFT ($p=0,084$).

El tratamiento con mayor contribución de GEFT fue CN y el de menor 120 N; entre el resto de los tratamientos no existieron diferencias. Al desglosar por especies este grupo, a pesar de que no se diferenciaron significativamente, se apreció que el *Paspalum notatum* explicó en mayor medida esta tendencia. La contribución de dicha especie fue de 27% en CN, seguido por CNm, 60 N y 120 N con 21, 14 y 13% respectivamente. En cuanto al *Paspalum dilatatum* ($p=0,044$) se obtuvieron diferencias entre tratamientos, siendo 60 N el de mayor aporte (5%) y 120 N el de menor (1%). Esto se explicaría, según Olmos et al. (2015), porque fertilizaciones mayores a 60 kg/ha de N no aumentan la respuesta en dicha especie.

A pesar de que en GIA no se encontraron diferencias significativas ($p=0,150$), se observó una tendencia al aumento con el agregado de N. El hecho que no existieran diferencias entre tratamientos se pudo atribuir al elevado coeficiente de variación (75 %).

Al comparar el porcentaje de Leg. entre el forraje disponible y el remanente, se observó un claro descenso de las mismas, principalmente de las sembradas en CNm. Esta disminución se explicaría por la preferencia de los animales por este grupo de especies, debido a su elevado contenido de PC y alta digestibilidad.

Cuadro No. 26. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje remanente promedio según tratamiento en el período invierno-primavera.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	7	1	0
CNm	7	3	2
60 N	7	2	1
120 N	7	2	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

No existieron diferencias significativas para ninguna de las variables.

Como se mencionó anteriormente, los resultados de MCS concordaron con Berretta et al. (1998b), Berretta (2005b), quienes afirman que el agregado de N al sistema no altera la proporción de las mismas en el tapiz.

4.2.2.4. Primavera

Se analizan a continuación las variables de composición botánica del forraje disponible en primavera.

Cuadro No. 27. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período primavera.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	2702	88 B	12 A
CNm	2824	96 A	4 B
60 N	3604	97 A	3 B
120 N	3941	98 A	2 B

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

Existieron diferencias significativas en MV ($p=0,027$) y RS ($p=0,027$). Se encontró que todos los tratamientos intervenidos tuvieron mayor contenido de MV y menor de RS, lo que se traduce en mayor área fotosintéticamente activa en la pastura, que estaría explicado por la tendencia al aumento en la TC de los tratamientos CNm, 60 N y 120 N (cuadro No. 7).

Cuadro No. 28. Contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en primavera.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	26	17 B	27 A	6	3 B	9	1
CNm	33	18 B	20 B	1	13 A	9	2
60 N	22	44 A	15 B	2	2 B	10	3
120 N	30	44 A	6 C	1	2 B	11	4

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

Las diferencias significativas encontradas fueron en GIA ($p=0,006$), GEFT ($p<0,001$), GEOD ($p=0,097$) y Leg. ($p=0,030$).

En GIA se halló que los tratamientos con agregado de N presentaron una mayor proporción de estas especies. Según Millot et al. (1987) el grado de desarrollo y vigor de *Lolium multiflorum* sobre CN son indicadores de ambiente rico en N. Esto se debe, como se mencionó anteriormente, a la alta respuesta de esta especie al agregado de este nutriente.

En cuanto a las GEFT, se observó que el CN presentó mayor porcentaje de éstas, seguido por el CNm y 60 N, y el de menor proporción fue 120 N. Esta respuesta, como en el período anterior, fue similar a la encontrada por Bemhaja et al. (2008), Rodríguez Palma et al. (2008), quienes obtuvieron que el CN presenta mayor participación de gramíneas estivales que aquellos tratamientos que fueron fertilizados con N en otoño y primavera. A su vez, dentro de este mismo grupo, se encontraron diferencias significativas en *Paspalum notatum* ($p<0,001$) y *Paspalum dilatatum* ($p=0,038$).

El *P. notatum* estuvo más presente en los tratamientos CN y CNm, diferenciándose el CN de 60 N y 120 N. A su vez, CNm fue diferente a 120 N (anexo No. 12). Como se explicó anteriormente, la fertilización en otoño y fines de invierno con N tuvo un efecto negativo sobre el desarrollo de esta especie, debido a que se promovió el crecimiento de gramíneas invernales cespitosas que desplazaron a especies postradas como ésta (Boggiano et al., 2008).

El *P. dilatatum* obtuvo un mayor porcentaje en los tratamientos CN y 60 N, diferenciándose de 120 N. Sin embargo, el aporte en kg/ha de esta especie fue máxima en 60 N y mínima en CNm y 120 N. Esto, según Olmos et al.

(2015), se atribuye a que existe un efecto significativo del N pudiendo aumentar la producción hasta 80% con el agregado de 60 kg/ha de N, sin encontrar mayor respuesta a partir de esta dosis. Por otro lado, los mismos autores encontraron que el aporte de N a través de la FBN de las leguminosas es limitante para el desarrollo de *P. dilatatum*. Altas dosis de N, como es el caso del tratamiento 120 N, desplazaron a dicha especie debido a la alta respuesta de las gramíneas anuales a la fertilización nitrogenada.

Las GEOD presentaron efecto de tratamiento, sin existir diferencias entre ellos. Se destaca la baja participación de este grupo de especies en todos los tratamientos.

Las Leg., como fue de esperar, tuvieron mayor contribución en el tratamiento CNm, de las cuales 11% correspondieron a leguminosas sembradas (anexo No. 12). Este mayor porcentaje en el período primaveral se debió a las características fisiológicas de las especies introducidas, ya que el *Trifolium pratense* es una especie invernal, que se encontraba en estado reproductivo, y el *Lotus tenuis*, una especie estival, que comenzó su rebrote en dicho momento.

Cuadro No. 29. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período primavera.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	7	2 A	1
CNm	5	3 A	2
60 N	4	1 B	1
120 N	5	1 B	1

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

Se obtuvo que MCS ($p=0,025$) presentó diferencias significativas, sin existir en SD y Eh.

El CN y CNm presentaron mayor proporción de MCS. De todas formas, cabe destacar que la cobertura de éstas fue baja en todos los tratamientos. Esto se podría atribuir al método de pastoreo rotativo, que según Boggiano et al. (2005) las altas cargas instantáneas reducen la selectividad animal, llevando a que en algunos casos sean consumidas, y por el control de malezas llevado a cabo en todos los tratamientos.

A continuación se presenta como se alteró la composición botánica del forraje luego de ser pastoreado en primavera.

Cuadro No. 30. Materia seca remanente en kg MS/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período primavera.

Tratamiento	MSR (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1712	94	6
CNm	1788	96	4
60 N	1956	94	6
120 N	2110	92	8

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

No se encontraron diferencias para ninguna de las variables.

Se apreció que en todos los tratamientos la MV incrementó, así como descendieron los RS con respecto a los períodos anteriores. La razón de este comportamiento fue que las condiciones ambientales favorables de primavera permitieron que tanto las especies estivales como invernales se encontraran en activo crecimiento, generando así una mayor proporción de MV.

Cuadro No. 31. Contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) según tratamiento en el período primavera.

Trat.	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
CN	26	11	35 A	6	3 B	8	6
CNm	28	12	32 AB	6	7 A	8	3
60 N	26	24	24 AB	3	3 B	9	5
120 N	25	32	19 B	3	1 B	7	5

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

Las variables que presentaron diferencias significativas fueron GEFT ($p=0,048$) y Leg. ($p<0,001$).

Las GEFT, nuevamente, tuvieron una mayor participación en CN y menor en 120 N. En este período, el *Paspalum notatum* presentó diferencias

significativas entre tratamientos ($p=0,031$), siendo CN el de mayor aporte (anexo No. 13). El descenso de la participación de esta especie en el tratamiento 120 N se debió, como se explicó anteriormente, al efecto que generó el N sobre la composición botánica del tapiz.

Una vez más el CNm presentó la mayor proporción de Leg., explicada esta diferencia por la participación de leguminosas sembradas en dicho tratamiento ($p=0,082$, anexo No. 13). Al igual que en el período anterior, se observó que el remanente presentó un marcado descenso de estas especies con respecto al disponible.

Para el caso de GIA, a pesar de que no se registraron diferencias estadísticamente significativas, en términos absolutos se encontró un comportamiento creciente al aumentar la dosis de N, como se observó en los anteriores períodos.

Cuadro No. 32. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) en el forraje remanente promedio según tratamiento en el período primavera.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
CN	5	2	1
CNm	6	3	2
60 N	5	2	0
120 N	4	1	1

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

No se observaron diferencias en ninguno de los parámetros estudiados.

4.2.3. Producción secundaria

4.2.3.1. Total del período

A continuación se analiza la producción animal del experimento 1 en el período total de evaluación.

Cuadro No. 33. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en el total del período.

Trat.	OF (%)	CI (kg/ha)	CM (kg/ha)	GMD (kg/animal/día)	G/ha (kg/ha)*
CN	9,0	2142 B	534 B	0,350 B	117
CNm	8,0	2320 B	575 B	0,570 A	172
60 N	7,3	2897 A	723 A	0,520 A	299
120 N	7,4	3147 A	785 A	0,620 A	345

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Presentaron diferencias estadísticamente significativas las variables CI ($p < 0,001$), CM ($p < 0,001$) y GMD ($p = 0,003$). La OF no presentó diferencias entre tratamientos ($p = 0,195$), por lo que se pudo considerar que la asignación de forraje fue similar en todos los tratamientos en todo el período.

Se obtuvo que la CI y la CM fueron superiores en los tratamientos con agregado de N. En promedio 60 N y 120 N presentaron un 36% más de carga tanto instantánea como media que CN y CNm. Esto coincidió con Rodríguez Palma y Rodríguez (2010) que observaron un incremento significativo de la carga a través de la fertilización con 100 kg/ha de N. Álvarez et al. (2013) con OF similares, obtuvieron en el promedio de invierno y primavera que las CM fueron inferiores a las del presente experimento, siendo las medias de los tratamientos CN, 60 N y 120 N, 488, 588 y 675 kg/ha respectivamente. Igualmente los mismos autores encontraron un efecto significativo del N sobre la carga.

El CNm no presentó cargas superiores a las del CN, lo que no concordó con De Brum (2004), quien obtuvo un aumento muy significativo de la carga, pasando de 266 kg/ha en campo natural a 464 kg/ha en el mejorado. Cabe destacar que el método de pastoreo rotativo utilizado en el presente experimento permitió alcanzar cargas superiores en todos los tratamientos.

En cuanto a la GMD, todos los tratamientos con intervención presentaron mayores ganancias que el testigo, sin diferenciarse entre ellos. Esta diferencia se podría argumentar a través de una mejora en la calidad de la pastura consumida, ya que la MSD no fue diferente entre tratamientos. Bemhaja et al. (1994b) encontraron que tanto la introducción de leguminosas como el agregado de N mejoran la calidad de la pastura, ya que la frecuencia de especies invernales aumentó con ambos tipos de intervenciones, ofreciendo de esta forma una dieta con menor contenido de fibra y mayor de PC.

Al analizar la G/ha se registró un comportamiento creciente a medida que aumentó la intervención del campo natural. Los kg/ha obtenidos en 120 N triplicaron los encontrados en CN.

A pesar de que para el total del período no se obtuvieron diferencias en GMD entre los tratamientos CNm y los fertilizados, las mayores cargas alcanzadas en los tratamientos con agregado de N, hicieron que aumente la G/ha. Esto coincidió con Pizzio y Pallares (1994a) quienes aseguran que la producción de carne/ha en los campos fertilizados con N es muy dependiente de las cargas utilizadas. Los registros obtenidos en los tratamientos fertilizados en el presente experimento fueron muy elevados si se los compara con los encontrados por Larratea y Soutto (2013) quienes en el mismo período obtuvieron G/ha de 63 kg/ha con 60 kg/ha de N y 42 kg/ha con 114 kg/ha de N.

A través de la G/ha y la MSProd (cuadro No. 1) se calculó la eficiencia en producción, que reflejó cuantos kg de forraje fueron necesarios producir para generar 1 kg de peso vivo. Los resultados obtenidos fueron 19,9, 15,7, 10,8 y 11,3 para CN, CNm, 60 N y 120 N respectivamente. Dichos valores demostraron que el tratamiento con mayor eficiencia de producción fue 60 N, indicando de esta forma que fertilizaciones con dosis medias de N en invierno-primavera fueron las que generaron las mejores conversiones de forraje producido a peso animal.

Para poder visualizar como fueron las ganancias diarias individuales de los animales según la asignación de forraje en cada uno de los tratamientos, se presenta a continuación la figura No. 5 que muestra cómo fue la GMD de cada uno de los períodos evaluados en función de la OF.

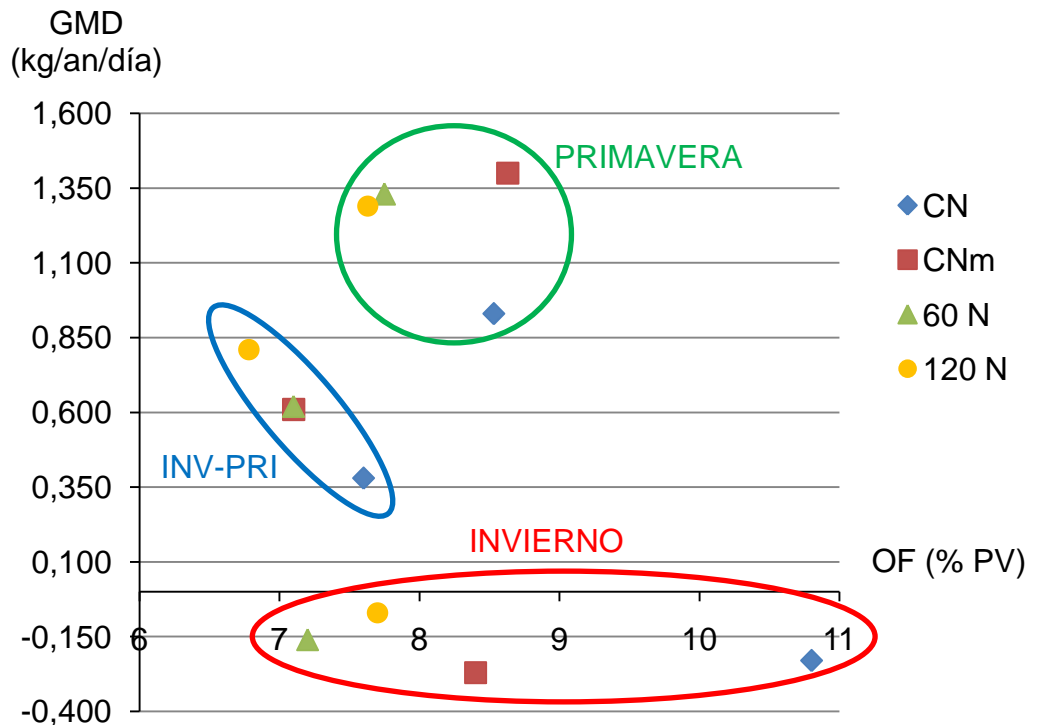


Figura No. 5. Ganancia media diaria animal (kg/animal/día) en función de la oferta de forraje (% PV) según tratamiento en todos los períodos evaluados.

A través de la figura se observa que la GMD no presentó un patrón lineal en función a la OF, sino que varió en las distintas estaciones con los diferentes tratamientos. Esto concuerda con Soares et al. (2005) quienes afirman que la ganancia media diaria estacional no tiene interacción con la OF.

En invierno, la variación en la OF no permitió dirimir la pérdidas de peso registradas en todos los tratamientos. Esto reflejaría que el bajo desempeño animal no se debe a una limitante en la disponibilidad de forraje, sino que pudo deberse a la calidad del forraje diferido desde otoño y a factores externos, como los climáticos, que hicieron que las GMD fueran en todos los casos negativas.

Por su parte, en invierno-primavera las OF manejadas en los tratamientos fueron muy similares entre sí. A pesar de ello, se observaron diferencias en las GMD, presentando las mayores 120 N y las menores CN, teniendo el primero una superioridad de casi 0,500 kg/animal/día. Dichas diferencias se atribuyeron, como se observó en la composición botánica de invierno-primavera, a la mejora en la calidad de la pastura ofrecida en 120 N,

debido al aumento de la contribución de GIA. En CNm y 60 N las OF fueron muy similares al igual que las GMD, siendo estas últimas superiores a las del CN e inferiores a las de 120 N.

En primavera, todos los tratamientos con intervención del campo natural presentaron mejor desempeño que el testigo. 60 N y 120 N mostraron un comportamiento similar tanto en OF como en GMD. En cambio, CNm obtuvo OF similares a las del CN, con una GMD de casi 0,500 kg/animal/día superior. Una vez más, se observó que los kg de MS de forraje ofrecido no fueron el factor que modificó el desempeño animal, sino que fue la calidad de la pastura consumida.

4.2.3.2. Invierno

Se presentan a continuación los resultados de producción secundaria, con sus respectivas variables, en el período invierno.

Cuadro No. 34. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en invierno.

Trat.	OF (%)	CI (kg/ha)	CM (kg/ha)	GMD (kg/animal/día)	G/ha (kg/ha)*
CN	10,8 A	1996 B	497 C	-0,230	-26
CNm	8,4 AB	2237 B	552 B	-0,270	-37
60 N	7,2 B	2626 A	657 A	-0,160	-21
120 N	7,7 B	2576 A	644 A	-0,070	-2

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

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Presentaron diferencias significativas OF ($p=0,023$), CI ($p<0,001$) y CM ($p<0,001$). Estas diferencias estuvieron interrelacionadas, ya que al no diferenciarse la MSD, la carga tanto instantánea como total fueron afectadas directamente por la OF de los tratamientos. De esta forma, una mayor OF determinó que más que kg MS sean asignados por kg PV, y por ende que la carga sea menor.

En cuanto a la GMD ($p=0,270$) no existió diferencias entre tratamientos, observándose en todos los casos pérdida de PV en los animales. La razón de este comportamiento podría atribuirse al efecto directo de la temperatura por debajo de los 10° y al indirecto de las elevadas precipitaciones del período. Esto pudo haber generado que para el mantenimiento de la temperatura

corporal se necesitara aumentar la tasa metabólica, y por ende, que incrementaran los requerimientos nutricionales, que a pesar de la alta MSD, la baja calidad de la pastura ofrecida no permitió que éstos fueran cubiertos (Bavera y Beguet, 2003).

Igualmente, en el tratamiento 120 N las pérdidas de PV en términos absolutos fueron casi nulas, lo que significa que los animales mantuvieron su peso en este período. Este comportamiento se pudo atribuir a la diferencia en la calidad de la pastura, ya que dicho tratamiento presentó mayor porcentaje de MV y de GIA. Esto coincidió con Pallares y Pizzio (1994a), quienes afirman que el agregado de N disminuye las pérdidas de peso invernales. Estas tendencias se asemejan a lo obtenido por Errandonea y Kuchman (2008), que con la fertilización de 100 kg/ha de N, a pesar de que registraron pérdidas de peso durante invierno, éstas fueron menores a las del campo natural.

En cuanto a la GMD sobre CNm se observó que en valores absolutos las pérdidas de peso fueron mayores a las del CN. Esto difirió con Ayala y Carámbula (1995), quienes encontraron que las pérdidas de peso invernal en campo natural fueron de -0,318 kg/animal/día, mientras que en el campo natural mejorado registraron ganancias de hasta 0,123 kg/animal/día.

La G/ha fue negativa en todos los tratamientos, resultado de la pérdida de peso vivo animal en todos ellos. Cabe destacar que 120 N la G/ha tendió a 0, lo que coincide con Pirez (2012) que fertilizando con 100 kg/ha de N obtuvo ganancias/ha de tan sólo 4,9 kg/ha en el mismo período.

4.2.3.3. Invierno–primavera

A continuación se presenta el análisis de la producción secundaria del período invierno-primavera.

Cuadro No. 35. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en invierno-primavera.

Trat.	OF (%)	CI (kg/ha)	CM (kg/ha)	GMD (kg/animal/día)	G/ha (kg/ha)*
CN	7,6	2024 C	505 C	0,380 B	44
CNm	7,1	2373 BC	586 B	0,610 AB	61
60 N	7,1	2457 AB	614 B	0,620 AB	116
120 N	6,8	2851 A	712 A	0,810 A	130

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

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

La única variable que no presentó diferencias significativas en el período fue OF ($p=0,860$). Para CI ($p=0,003$), CM ($p<0,001$) y GMD ($p=0,037$) existió en todos los casos efecto del tratamiento.

Se observó que 120 N fue el que toleró las mayores cargas, resultado de una mayor MSProd, al no existir diferencias en OF entre tratamientos. 60 N y CNm presentaron cargas intermedias. Según Boggiano et al. (2000c) con iguales OF el agregado de N permite aumentar la carga.

Los resultados demostraron que las intervenciones sobre campo natural aumentaron la calidad de la pastura, ya que en los mismos las GMD fueron superiores a las del CN, sin diferir en las OF.

En el caso de los tratamientos fertilizados, esta mejora en la calidad se explicaría según Ayala y Carámbula (1994a), Peyraud y Astigarraga (1997) por un aumento en el contenido de PC en la pastura. Aganga et al. (2004) mencionaron que *Lolium multiflorum* en sus etapas iniciales presenta una digestibilidad de 78%, un contenido de FDA de 52% y un contenido de PC de aproximadamente 14%, lo que lo hace una especie de muy buena conversión en kg de PV, y como se observó en la composición botánica, fue una especie predominante en los tratamientos con agregado de N.

Por otra parte, la introducción de leguminosas al tapiz natural, además de aumentar la calidad de la pastura a través de las especies implantadas, fue

una forma indirecta de introducción de N al suelo, que acompañado de una fertilización fosfatada, generó un cambio cualitativo en la pastura. De esta forma se podría triplicar el contenido de PC con respecto al del campo natural y disminuir las fracciones FDA y FDN, mejorando así la calidad de la dieta seleccionada (Bemhaja1998a, Bemhaja 1998c).

Estadísticamente sólo existieron diferencias entre 120 N y CN, aunque las tendencias demostraron que las ganancias fueron 62% superior en CNm y 60 N con respecto al testigo. Esto no reflejó lo reportado por Rodríguez Palma y Rodríguez (2010), quienes observaron que la fertilización nitrogenada permite aumentos en la carga sin tener efecto sobre el desempeño individual.

Los tratamientos con agregado de N presentaron una mayor G/ha que CN y CNm en valores absolutos. 120 N registró mayores ganancias que 60 N, lo que no coincidió con Larratea y Soutto (2013), quienes encontraron ganancias mayores en invierno y primavera con el agregado de 60 kg/ha de N.

4.2.3.4. Primavera

Seguidamente se presentan los resultados de producción animal en el período primavera.

Cuadro No. 36. Efecto del tratamiento para las variables animales oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en primavera.

Trat.	OF (%)	CI (kg/ha)	CM (kg/ha)	GMD (kg/animal/día)	G/ha (kg/ha)*
CN	8,5	2405 B	600 B	0,930 B	108
CNm	8,6	2350 B	687 B	1,400 A	130
60 N	7,8	3610 AB	899 AB	1,330 A	221
120 N	7,6	4014 A	999 A	1,290 A	241

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

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

Se encontraron diferencias significativas en todas las variables (CI: $p=0,015$; CM: $p=0,011$; GMD: $p=0,001$) menos en OF ($p=0,170$).

Las CI y CM fueron menores en los tratamientos CN y CNm reflejo de la menor producción de forraje, debido a que, como en el período anterior, las OF logradas fueron iguales en todos los tratamientos. Una vez más, el tratamiento 120 N fue el que alcanzó las mayores cargas, sin diferenciarse de 60 N.

El máximo incremento en la carga alcanzado fue 55% en el tratamiento 120 N, lo que no concordó con Azanza et al. (2004), quienes reportaron que este aumento fue de 126% con 100 kg/ha de N.

En todos los tratamientos con intervención del campo natural las GMD fueron superiores al testigo, sin existir diferencias entre ellos.

Los resultados sobre CNm se explicarían por una mejora en la calidad de la pastura, ya que la MSProd no difirió a la del CN. Según Bemhaja et al. (1994b) la interseembra con leguminosas es la que produce los mejores valores en la calidad del forraje, bajando la FDA (24% CNm vs 39% CN) y aumentando la PC (19% CNm vs 9% CN) del CN. El agregado de N mejoró la calidad del campo natural, alcanzando valores intermedios entre CN y CNm.

Las GMD en CNm fueron similares a los obtenidos por Ayala y Carámbula (1995), Risso et al. (2002), quienes encontraron ganancias de 1,176 y 1,396 kg/animal/día respectivamente. En cambio Garín et al. (1993), con similares OF, reportaron ganancias de 0,660 kg/animal/día que representaron menos de la mitad de las obtenidas en el presente experimento.

Las mayores GMD en 120 N frente al CN, se podrían atribuir no sólo a una mayor MSProd, sino también por la mejora en la calidad de la pastura seleccionada, ya que en dicho experimento predominó la especie *Lolium multiflorum*. Para el caso de 60 N, si bien no presentó diferencias significativas en MSProd con el CN, los valores absolutos demostraron producciones similares a las de 120 N, por lo que las mayores ganancias se argumentaron a través de lo anteriormente mencionado. Las GMD registradas en ambos tratamientos fertilizados con N fueron mayores a las obtenidas por Azanza et al. (2004), quienes encontraron que no existían diferencias significativas para esta variable entre fertilizar con 100 kg/ha de N y sin el agregado del mismo.

En cuanto a la G/ha se apreció que los tratamientos fertilizados con N prácticamente duplicaron a los tratamientos CN y CNm. La razón de este comportamiento fue la mayor carga alcanzada en dichos tratamientos. Igualmente, Azanza et al. (2004) obtuvieron ganancias/ha promedio de 325 kg/ha en tratamientos fertilizado con 100 kg/ha de N, lo que representan ganancias/ha 40% superiores a las del experimento.

4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2

En la siguiente sección se analiza el efecto de la historia de fertilización, de la dosis de N aplicada y de los tratamientos sobre las variables de producción primaria, composición botánica del forraje disponible y remanente, y de la producción secundaria fraccionándolas por estación. Para esto se tuvo en cuenta los tratamientos fertilizados con N del experimento 1 para así contrastarlos con los del experimento 2.

4.3.1. Producción primaria

4.3.1.1. Total del período

A continuación se presentan los registros de producción primaria para el total del período evaluado.

Cuadro No. 37. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje del forraje desaparecido (Des.) en el total del período.

	TC (kg/ha/día)	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
	p - valor de los contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,336	0,079	<0,001	0,213	0,085	0,069	0,078
120 vs. 60**	0,500	0,473	0,391	0,451	0,092	0,578	0,844
	Medias de los tratamientos según Tukey						
60 N	19,2	2861	13,2	1797	7,1	1064	35,6
120 N	23,9	3094	14,7	1908	8,0	1185	35,8
60	25,9	2356	9,0	1623	6,2	733	29,7
120	30,7	2545	9,9	1725	7,1	819	30,7

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

No existieron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables de producción primaria en el período total (TC: $p=0,791$; MSD: $p=0,757$; AltD: $p=0,683$; MSR: $p=0,742$; AltR: $p=0,236$; MSDes: $p=0,842$; %Des.: $p=0,976$).

Existió efecto de la historia de fertilización tanto en MSD como en AltD, presentando los tratamientos con menor historia los mayores valores en promedio para ambas variables. Esto se pudo atribuir a la menor frecuencia de pastoreo que éstos presentaron, ya que según Berretta (2005b) intervalos más prolongados entre pastoreos permiten generar una mayor acumulación de forraje.

A su vez, se presentó efecto tanto de la historia de fertilización como de la dosis aplicada en AltR, registrándose en el total del período los mayores valores en 120 N y menores en 60.

En cuanto a MSDes y Des., se observó que en ambos casos hubo efecto en la historia de fertilización, presentando los tratamientos de menor historia los mayores registros. Al no haber existido diferencias en la MSR, este comportamiento se pudo atribuir a la tendencia de estos tratamientos a presentar una mayor MSD.

4.3.1.2. Invierno

Debido a la baja MSD a inicios de invierno, no fue posible comenzar el experimento 2 junto al resto, por lo que se inició el 20 de julio. Consecuencia de ello, no se pudieron registrar las repeticiones suficientes para llevar a cabo el análisis estadístico en esta estación.

Para observar las tendencias encontradas, se realizó un estudio de medias de la MSD y MSR. Se tomó en cuenta únicamente ambas variables, ya que son las que demuestran las condiciones iniciales del experimento.

Cuadro No. 38. Medias de resumen de la materia seca disponible (MSD) y materia seca remanente (MSR) de los distintos tratamientos presentando sus respectivas medias y los percentiles 5 y 95% de los mismos en invierno.

Tratamiento	MSD (kg/ha)			MSR (kg/ha)		
	P 5%	Media	P 95%	P 5%	Media	P 95%
60 N	2015	2687	4248	1136	1815	2988
120 N	1896	2843	4735	1229	1947	3211
60		2470			1446	
120		2208			1320	

Como se pudo observar en el cuadro No. 38, las variables MSD y MSR de los tratamientos 60 y 120 se encontraban en el rango de los valores hallados en invierno en los tratamientos 60 N y 120 N.

Esta tendencia adquirió relevancia, ya que demuestra que todos los tratamientos comenzaron en igualdad de condiciones las evaluaciones, lo que permitió obtener resultados menos sesgados en los períodos posteriores.

4.3.1.3. Invierno-primavera

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en el período invierno-primavera para las variables de producción primaria.

Cuadro No. 39. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje del forraje desaparecido (Des.) en invierno-primavera.

	TC (kg/ha/día)	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
	p - valor de contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,154	0,206	0,006	0,401	0,783	0,059	0,096
120 vs. 60**	0,728	0,307	0,290	0,417	0,155	0,194	0,330
	Medias de los tratamientos según Tukey						
60 N	12,9	2292	11,5	1620	6,3	673	28,8
120 N	13,9	2498	12,5	1668	6,7	830	31,9
60	23,3	2058	8,4	1446	6,0	612	28,8
120	27,8	2241	9,3	1616	7,3	626	27,9

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

No existieron diferencias significativas para las variables de producción primaria en este período (TC: $p=0,914$; MSD: $p=0,573$; AltD: $p=0,552$; MSR: $p=0,636$; AltR: $p=0,261$; MSDes: $p=0,259$; %Des.: $p=0,165$).

La TC presentó un comportamiento creciente en aquellos con mayor historia de fertilización. Esta tendencia a mayor TC en los tratamientos con mayor frecuencia de pastoreo se podría explicar, según Broughman (1956) porque en la curva de crecimiento éstos se encontraban en promedio por más tiempo en fase lineal, momento en que se registran las máximas TC. Por el

contrario, en los tratamientos con frecuencias de cortes menores se llegó al índice de área foliar (IAF) óptimo, alcanzando la fase asintótica de la curva, período en el que la TC disminuye en forma exponencial.

En cuanto a la AltD existió efecto de historia de fertilización, registrando los mayores valores los tratamientos más nuevos. Esto se explicaría, como se mencionó anteriormente, por el mayor tiempo de descanso que éstos presentaron, lo que generó períodos de recuperación más prolongados en la pastura, que permitieron alcanzar alturas superiores (Berretta, 2005b).

El mismo comportamiento se observó en MSDes y %Des., lo que se atribuyó a la diferencia encontrada en AltD.

4.3.1.4. Primavera

Se resumen a continuación los registros obtenidos en el período primavera para las variables de producción primaria.

Cuadro No. 40. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje del forraje desaparecido (Des.) en primavera.

	TC (kg/ha/día)	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
	p – valor de contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,719	0,027	0,001	0,045	0,003	0,041	0,066
120 vs. 60**	0,617	0,408	0,327	0,141	0,081	0,572	0,790
	Media de los tratamientos según Tukey						
60 N	35,4	3604	16,1	1956	8,1	1648	44,6
120 N	43,1	3941	17,6	2110	9,1	1831	44,7
60	34,6	2707	8,9	1803	6,2	904	32,1
120	40,3	2980	10,3	1870	6,8	1110	35,3

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables (TC: $p=0,874$; MSD: $p=0,695$; AltD: $p=0,600$; MSR: $p=0,297$; AltR: $p=0,197$; MSDes: $p=0,843$; %Des.: $p=0,933$). En cambio, sí existió efecto de la historia de fertilización en todas ellas, con excepción de la

TC. En todos los casos los mayores valores se registraron en los tratamientos con historia de fertilización más reciente.

Los efectos encontrados en MSD y AltD se atribuyeron a las distintas frecuencias de pastoreo, ya que los tratamientos con mayor intervalo entre cortes acumularon más forraje aun cuando su velocidad de crecimiento fue menor. Al no existir diferencias en la OF (cuadro No. 61) fue coherente esperar que MSR y AltR sean menores en los tratamientos que presentaron menor intervalo entre pastoreos.

En cuanto a la MSDes y Des., los mayores registros obtenidos en los tratamientos con menor historia de fertilización se podrían explicar por las cargas instantáneas superiores que éstos presentaron (cuadro No. 61).

Por otro lado, se observó que durante este período se registraron los mayores niveles de MSD. Este comportamiento se explicó por una mayor TC durante primavera como resultado del aumento de las temperaturas medias, que permitieron incrementar las tasas de aparición y elongación foliar (Colabelli et al., 1998). A su vez en esta estación se dio la máxima eficiencia en el uso del N, que según lo reportado por Álvarez et al. (2013) alcanza los 24 kg/ha de MS por kg de N aplicado.

Al comparar la MSR y AltR con el período invierno-primavera, se observó que los valores obtenidos fueron superiores. Este comportamiento se explicó por los factores anteriormente mencionados, que influyeron en la TC, y no por un menor consumo animal, ya que la MSDes en promedio duplicó los registros de invierno-primavera.

4.3.2. Composición botánica

4.3.2.1. Total del período

Se presenta a continuación los registros obtenidos para las variables de composición botánica en el forraje disponible para el total del período evaluado, desde el 20 de julio al 22 de noviembre.

Cuadro No. 41. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en el total del período.

	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
	p - valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,079	0,007	0,015
120 vs. 60**	0,473	0,110	0,150
	Media de los tratamientos según Tukey		
60 N	2861	88	12
120 N	3094	92	8
60	2356	94	6
120	2545	98	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

No existieron diferencias significativas en ninguna de las variables en el total del período, aunque si existió efecto de la historia de fertilización en todas ellas. Los tratamientos con menor historia presentaron en promedio mayor MSD, así como contribuciones inferiores de MV y superiores de RS. Esta tendencia a mayor acumulación de RS en aquellos tratamientos con menor frecuencia de pastoreo podría explicarse porque los períodos de descanso más prolongados generaron que las hojas envejecan sin ser consumidas, y a medida que aumentó la edad de las hojas, las mismas fueron cada vez menos defoliadas (Mazzanti y Lemaire, citados por Lemaire y Agnusdei, 2000).

Cabe destacar que en todos los tratamientos se registró un elevado porcentaje de MV, y por lo tanto bajo contenido de RS. Esto se podría explicar, como se mencionó anteriormente, por el efecto de la fertilización nitrogenada que en invierno promueve el crecimiento de las especies invernales y al comienzo de la primavera promueve el rebrote temprano de las estivales,

permitiendo de esta forma que la pastura se haya encontrado en todo el período de evaluación en activo crecimiento (Berretta et al., 1998b).

Cuadro No. 42. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en el total del período.

	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
	p - valor de contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,004	0,003	0,945	0,048	<0,001	0,227	0,294
120 vs. 60**	0,388	0,002	0,040	0,108	0,910	0,567	0,566
	Media de los tratamientos según Tukey						
60 N	25 A	32 B	16	2	1	8	4
120 N	28 A	38 B	11	2	1	9	2
60	24 A	38 B	17	2	3	10	2
120	17 B	56 A	10	0	3	10	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Las GIP presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,048$), teniendo la menor participación de este grupo de especies 120. Al desglosar a estas gramíneas individualmente (anexo No. 18), se registraron diferencias significativas en *Stipa setigera* ($p=0,035$), especie que tuvo una mayor contribución en 120 N y menor en 120, sin diferenciarse con el resto de los tratamientos.

El comportamiento inverso fue encontrado en las GIA ($p=0,004$), presentando el tratamiento 120 mayor contribución de este grupo de especies, diferenciándose de los restantes. Se destacó el alto porcentaje que presentó el mismo, ya que más de la mitad del forraje total estaba conformado por estas gramíneas. Esta respuesta se explicaría por la historia y dosis de fertilización, ya que, según Ayala y Carámbula (1994a) el sucesivo agregado de N a altas dosis promueve el crecimiento y desarrollo de especies anuales de alta respuesta a este nutriente, como es el caso de *Lolium multiflorum*. A su vez, como se mencionó anteriormente, Cardozo et al. (2008) afirman que este aumento en la participación de gramíneas invernales anuales es indicador de degradación del campo natural, debido a que especies anuales ocupan

espacios que originalmente eran ocupados por especies perennes, como fue el caso de las GIA con la *Stipa setigera*.

Por otro lado las GEFT, si bien no reportaron diferencias significativas entre tratamientos, existió efecto en la dosis de N aplicada, registrándose aportes mayores en los tratamientos fertilizados con bajas dosis de N. Este mismo comportamiento fue encontrado en *Paspalum notatum* (anexo No. 18).

Las GEOD presentaron efecto de la historia de fertilización, teniendo mayor contribución promedio los tratamientos con menos años fertilizados. Igualmente se destacó el bajo aporte de este grupo de gramíneas en todos los tratamientos, ya que ninguno superó el 3%. Esto se podría justificar a través de que en general este grupo de especies son buenas competidoras en ambientes con bajos niveles de recursos y al levantar dicha restricción se generaría una pérdida relativa de su capacidad de competencia (Berretta et al., 1998b).

Las Leg. presentaron efecto de la historia de fertilización, representado por una mayor contribución del grupo otras leguminosas en los tratamientos con mayor historia (anexo No. 18), siendo *Medicago lupulina* y *Desmodium incanum* las especies más encontradas. Este aumento respondería al efecto residual de las aplicaciones anuales de P_2O_5 , que permitieron elevar los niveles de este nutriente en el suelo (Gomes et al. 1998, Simpósio de Forrageiras e Produção, citado por Gallinal et al. 2016).

Al analizar a las hierbas enanas y ciperáceas y juncáceas individualmente (anexo No. 18) en ambos casos se registró efecto de la historia de fertilización (h. enanas: $p=0,004$; cip. y junc.: $p=0,018$) y en ciperáceas y juncáceas se encontró también efecto de tratamiento ($p=0,011$).

Los tratamientos con más años de fertilización tuvieron mayor participación de hierbas enanas, presentando en promedio un 8% de estas especies, mientras que los de menor historia tuvieron un 5%. El mayor aporte de este tipo de hierbas sería sinónimo de degradación, ya que las mismas pudieron haber erosionado la composición botánica y la productividad de las pasturas naturales (Rosengurt, 1943). Además, esta mayor participación en los tratamientos 60 y 120 se podría explicar no solamente por la degradación generada por la historia de fertilización, sino también por su mayor frecuencia de pastoreo debido a que las hierbas enanas aumentan su contribución en tapices más bajos, donde pueden prosperar al ser plantas de bajo porte (Berretta et al., 1998b).

En cuanto a las ciperáceas y juncáceas, el tratamiento 120 N fue el que presentó mayor contribución de las mismas, siendo ésta de 3%. Por otra parte, los tratamientos con menor historia de fertilización presentaron en promedio mayor porcentaje de estas especies, que podría estar explicado por una menor frecuencia de pastoreo, que permitió el desarrollo de especies de porte más erecto.

A partir de los registros presentados anteriormente, se realizó el estudio de la relación de la fracción gramíneas entre especies anuales y perennes, para observar como afectó la dosis de N aplicada y los años de aplicación en el ciclo de vida de las especies presentes.

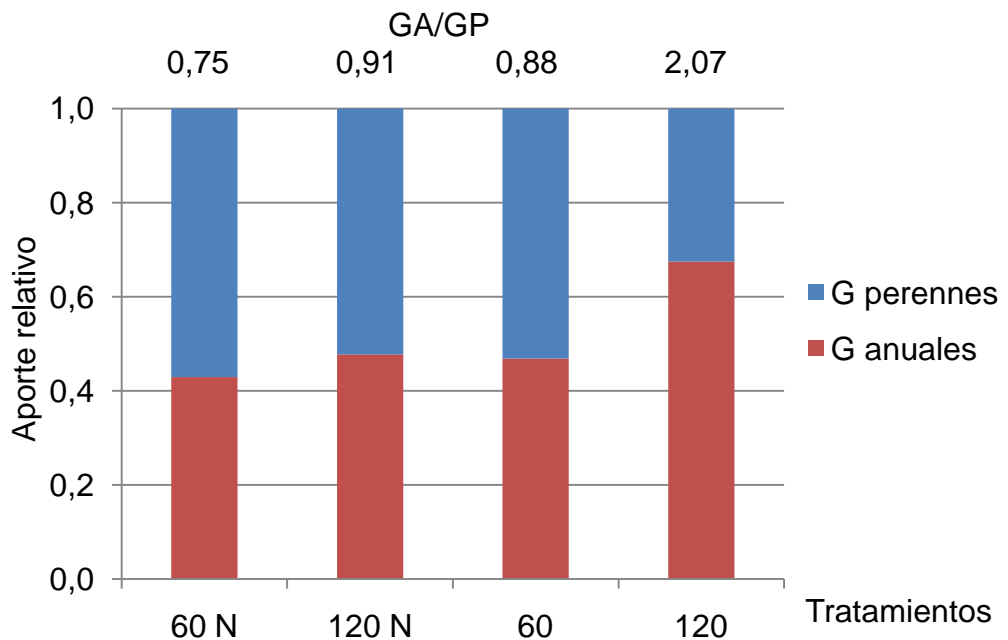


Figura No. 6. Aporte relativo de gramíneas perennes y anuales al total producido por la fracción gramínea y relación gramíneas anuales/gramíneas perennes del período total.

Se apreció que a medida que aumentó la dosis de N y los años de fertilización existió una paulatina anualización de las gramíneas presentes en la pastura. El tratamiento 120 presentó una proporción dos veces superior de gramíneas anuales que de perennes, lo que significó que el *Lolium multiflorum* desplazó al resto de las especies perennes nativas que estaban presentes en el tapiz.

Esto coincidió con Cardozo et al. (2008) quienes demostraron que el aumento en la dosis de N incrementa la contribución de especies anuales exóticas como *L. multiflorum*. Dichos autores atribuyen esta respuesta a que las elevadas dosis generan una pérdida de densidad y abertura de la trama de la vegetación, que genera una desestabilización de las comunidades naturales al existir sustitución de especies perennes por anuales. Del mismo modo, Rosengurtt (1946) asevera que la sustitución de pastos finos y tiernos por especies anuales es un claro síntoma de degeneración del campo natural.

Una de las posibles causas de esta respuesta estaría dada porque los pastos anuales son grandes consumidores de N, mientras que los perennes nativos evolucionaron en ambientes con limitantes de este nutriente. Las fertilizaciones con elevadas dosis de N así como la acumulación de años de fertilización mejorarían la competitividad de las especies anuales a expensas de plántulas de especies perennes (Young et al., citados por Larratea y Soutto, 2013).

Al comparar los resultados reportados por André et al. (2016), obtenidos en el mismo potrero que el presente experimento, se observó un marcado incremento de las GIA luego de dos años de continuada la fertilización con N. Los mismos reportaban un 10% de las mismas en los tratamientos con menor historia de fertilización, mientras que los de mayor historia presentaban en promedio 20%.

Cuadro No. 43. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio en el total del período.

	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
	p - valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,119	0,014	<0,001
120 vs. 60**	0,962	0,495	0,841
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	5	2 AB	2
120 N	6	3 A	2
60	5	2 AB	1
120	4	1 B	0

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se reportaron diferencias en la cobertura de MCS ($p=0,076$) y efecto de la historia de fertilización en éstas y en Eh. Sin embargo se apreció que la cobertura de MCS y de Eh fue muy baja en todos los tratamientos. Existieron tres factores que explicarían dicho comportamiento. En primer lugar, el control químico y mecánico realizado para disminuir la incidencia de las malezas en todos los tratamientos. En segundo lugar, como ya fue mencionado, el manejo del pastoreo rotativo con altas cargas instantáneas que llevó a que en algunos casos las malezas sean consumidas (Boggiano et al., 2005). Por último, conforme a lo encontrado por Gomes et al. (2002), Rodríguez Palma et al. (2008), la fertilización con N genera una reducción porcentual de las MCS, particularmente de Eh.

A continuación se detallan los registros obtenidos para la composición botánica remanente en el total del período.

Cuadro No. 44. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en el total del período.

	MSR (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
	p - valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,213	0,004	0,004
120 vs. 60**	0,451	0,669	0,647
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	1797	87	13
120 N	1908	88	12
60	1623	94	6
120	1725	96	4

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se registró efecto de la historia de fertilización tanto en MV como en RS. Los tratamientos con más años de aplicación de N fueron los que presentaron mayores valores de MV, teniendo en promedio 95%, mientras los tratamientos nuevos presentaron 87%. Como se mencionó anteriormente, esta respuesta se pudo atribuir a la frecuencia de pastoreo, ya que al tener estos tratamientos un menor tiempo de descanso, la acumulación de restos secos fue menor.

A su vez, se destacó que la variación de MV y RS con respecto al disponible en el total del período fue casi nula, lo que representó una muy baja proporción de RS para el forraje remanente. Esto podría deberse al activo crecimiento de la mayoría de las especies presentes en el forraje tanto en el disponible como en el remanente.

Cuadro No. 45. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en el total del período.

	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
	p - valor de contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,003	<0,001	0,733	<0,001	0,002	0,193	0,133
120 vs. 60**	0,587	0,007	0,024	0,931	0,501	0,668	0,470
	Media de los tratamientos según Tukey						
60 N	26	23 C	22	3	1	8	3
120 N	26	29 BC	17	4	1	9	2
60	20	35 B	22	1	3	11	2
120	17	47 A	15	1	3	11	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Las GIP tuvieron efecto de la historia de fertilización, presentándose en promedio los mayores valores en los tratamientos con menor historia. Como se mencionó anteriormente, este comportamiento podría explicarse a través del desplazamiento de especies invernales perennes por anuales, que fueron promovidas con las sucesivas fertilizaciones. Al compararlas con el forraje disponible, se observó que las proporciones se mantuvieron relativamente constantes.

En la fracción GIA se reportaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,021$), así como también efecto de la historia de fertilización como de dosis aplicada, presentando el tratamiento 120 el mayor aporte y 60 N el menor, respuesta similar a la encontrada en el forraje disponible.

Las GEFT presentaron efecto de dosis, a favor de las aplicaciones con 60 kg/ha de N, en los cuales la participación de estas especies fue de 22%

mientras que con 120 kg/ha de N fue de 16%. Al analizar las especies que componen esta fracción, se observó que el mayor aporte de GEFT a bajas dosis de N estuvo explicado por la mayor participación de *Paspalum notatum* en el tapiz que presentaron dichos tratamientos. A su vez, la especie *Paspalum dilatatum* registró efecto tanto de la dosis aplicada como de la historia de fertilización, pero sin observarse tendencias claras (anexo No. 19).

Se destacó que la especie *P. notatum* tuvo una mayor participación relativa en el forraje remanente que en el disponible. Esta mayor contribución se podría explicar por su hábito de crecimiento estolonífero-rizomatoso que le permitió evadir el pastoreo animal.

Las GEOD también presentaron efecto de la historia de fertilización, reportando los mayores valores los tratamientos con menor historia. Al igual que se mencionó para el forraje disponible, la participación de este grupo de especies fue relativamente baja en el total del forraje.

Una vez más, las hierbas enanas presentaron efecto de la historia de fertilización (anexo No. 19), a favor de aquellos con más años de aplicación, al igual que en el forraje disponible. Se observó un aumento en la participación relativa de este tipo de hierbas en el forraje remanente, ya que se trata de especies de porte bajo que en la mayoría de las situaciones no son accesibles al pastoreo vacuno.

En el caso de Leg., se observó que los tratamientos con mayor historia de fertilización tuvieron un mayor aporte, que como en el disponible, este comportamiento podría explicarse por el aporte anual de P_2O_5 en conjunto con N, y a las mayores intensidades de pastoreo, que promovieron el crecimiento de especies de porte bajo, como *Desmodium incanum* y *Medicago lupulina*.

Cuadro No. 46. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje remanente promedio en el total del período.

	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
	p - valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,088	0,050	0,008
120 vs. 60**	0,789	0,932	0,960
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	6	2	2
120 N	6	3	2
60	5	2	1
120	6	1	0

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se encontró efecto de la historia de fertilización en todas las variables.

El SD no presentó tendencias claras que diferencien a los distintos tratamientos. La cobertura del mismo fue similar en el disponible y en el remanente. A pesar de ello, André et al. (2016) en el mismo potrero, dos años antes, obtuvo una cobertura de SD menor en todos los tratamientos, con excepción de 120.

En MCS y Eh también se observó efecto en la historia de la fertilización, presentando en promedio los menores valores los tratamientos con mayor historia. De todas formas los valores de cobertura de ambas variables fueron bajos para todos los tratamientos, lo que llevaría a decir que la fertilización con N y P_2O_5 en el mediano-largo plazo acompañada con un manejo de pastoreo rotativo con altas cargas instantáneas y control químico, permitiría mantener a estos grupos de especies dentro de valores de cobertura de suelo aceptables.

4.3.2.2. Invierno-primavera

A continuación se presenta el efecto de la historia de fertilización y de la dosis aplicada, así como de tratamiento, sobre el forraje disponible para todas las variables analizadas en composición botánica durante el período invierno-primavera.

Cuadro No. 47. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en invierno-primavera.

	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
	p-valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,206	0,113	0,320
120 vs. 60**	0,307	0,072	0,192
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	2292	89	11
120 N	2498	93	7
60	2058	92	8
120	2241	98	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Existió efecto de la dosis aplicada en MV. Los tratamientos con 120 kg/ha de N presentaron en promedio un 5% más de MV que los dos restantes.

Igualmente, cabe destacar el alto % de MV que presentaron todos ellos. Dicha respuesta, según Boggiano et al. (2005), se debió al aumento en la participación de especies invernales con el agregado de N. Esto generó que en este período las especies que componen la pastura se encontraran en activo crecimiento, a través de una mayor área foliar fotosintéticamente activa, y por ende, mayor masa de forraje verde.

Cuadro No. 48. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en invierno-primavera.

	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
	p-valor de contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,006	0,053	0,865	0,047	0,007	0,038	0,799
120 vs. 60**	0,926	0,018	0,009	0,044	0,291	0,308	0,474
	Media de los tratamientos según Tukey						
60 N	26	34 B	12	3	1	10	3
120 N	25	47 AB	7	2	0	11	2
60	20	44 AB	12	2	3	9	2
120	21	55 A	6	0	2	9	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se registró efecto de la historia de fertilización sobre la presencia de GIP, incrementando su porcentaje en los tratamientos nuevos. Boggiano et al. (2005), Rodríguez Palma et al. (2008), Zanoniani et al. (2011), coinciden en que el agregado de N aumenta la proporción de gramíneas invernales en el tapiz. El efecto encontrado en las GIP se pudo explicar a que la acumulación de años de fertilización tendió a anualizar la pastura, promoviendo especies invernales anuales en detrimento de especies perennes.

Las GIA presentaron efecto de la historia de fertilización y de la dosis de N aplicada, así como también diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,051$). En el tratamiento 120 estas especies superaron el 50% del forraje total. Las elevadas dosis y los años de fertilización pudieron haber acentuado la respuesta encontrada por Ayala y Carámbula (1994a), que con el agregado de N, y más aún combinado con P, se incrementó la presencia de especies anuales invernales.

En cuanto a las GEFT, se observó efecto de la dosis de N aplicada. Al analizar las especies individualmente (anexo No. 20), existió efecto de dosis en *Paspalum notatum* ($p=0,036$), teniendo los tratamientos con 60 kg/ha de N una contribución promedio de 7,6%, y con 120 kg/ha de N, de 3,4%. Esto se podría explicar, como se mencionó anteriormente, porque el uso de niveles crecientes

de N en otoño-invierno generaría una reducción de la población de macollos de esta especie. Esta respuesta pudo haber sido resultado de la mayor competencia del *Lolium multiflorum* con las altas dosis de N, lo que llevó a disminuir la estabilidad de las especies estivales en la pastura.

Las GEOD presentaron ambos efectos, decreciendo su proporción desde 60 N a 120. Este comportamiento se explicaría porque según Berretta et al. (1998b) este grupo de especies es más competitivo en ambientes con bajo niveles de nutrientes, y por lo tanto las fertilizaciones sucesivas y las altas dosis generarían una pérdida relativa en su capacidad de competencia frente a otras especies más favorecidas por estos cambios.

Las Leg. presentaron efecto de la historia de fertilización. En este período se observó el rebrote de leguminosas nativas como *Desmodium incanum*, que al ser una especie de hábito de crecimiento estolonífera se vio favorecida por la mayor frecuencia de pastoreo que presentaron los tratamientos con más años de fertilización.

En Hier. se encontró efecto de la historia de fertilización, siendo los tratamientos con menor historia los que registraron mayores valores. Este efecto se atribuyó a la mayor proporción de ciperáceas y juncáceas ($p=0,006$) en dichos tratamientos (anexo No. 20), que a su vez presentaron diferencias significativas entre ellos ($p=0,079$). Boggiano et al. (1998) encontraron que a niveles crecientes de fertilización nitrogenada aumenta la contribución de especies ciperáceas, lo que coincidió con lo registrado en el tratamiento 120 N. En cambio, Gomes et al. (2008) observaron una reducción de las mismas por el efecto del agregado de N.

Cuadro No. 49. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio en invierno-primavera

	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
	p – valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,648	0,097	0,014
120 vs. 60**	0,590	0,974	0,303
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	6	2	2
120 N	5	2	1
60	5	2	1
120	4	1	0

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

En cuanto a MCS y Eh, se observó que existió efecto de la historia de fertilización. A pesar de ello, dichas diferencias no adquirieron relevancia a nivel productivo.

Se muestran a continuación los registros de remanentes para las variables de composición botánica en invierno-primavera.

Cuadro No. 50. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en invierno-primavera.

	MSR (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
	p-valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,401	0,013	0,012
120 vs. 60**	0,417	0,745	0,689
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	1620	91	9
120 N	1667	92	8
60	1446	96	4
120	1616	96	4

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

A través del presente cuadro se aprecia que existió efecto de la historia de fertilización en MV y RS, siendo los tratamientos con mayor historia los que arrojaron valores superiores de MV. Al no presentar diferencias en OF (cuadro No. 60), la variación en el tiempo de ocupación de las parcelas entre tratamientos podría explicar dicho comportamiento. Como se explicó anteriormente, períodos de descanso más prolongados acumularon una mayor proporción de hojas viejas.

De todas formas es importante destacar el alto porcentaje de MV que presentaron todos los tratamientos.

Cuadro No. 51. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en invierno-primavera.

	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
	p-valor de los contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,029	0,001	0,021	0,001	0,052	0,954	0,114
120 vs. 60**	0,499	0,376	0,167	0,438	0,393	0,717	0,437
	Medias de los tratamientos según Tukey						
60 N	25	26	20	3	1	10	5
120 N	26	28	18	4	0	13	3
60	17	46	15	2	2	13	2
120	21	51	11	0	2	11	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se presentó efecto de la historia de fertilización en todas las variables, con excepción de las Hier. y C.

Para las fracciones GIP, GEFT y GEOD, los mayores registros se obtuvieron en los tratamientos con historia de fertilización más reciente, mientras que en GIA los valores más altos fueron reportados en los tratamientos más viejos. Esto se explicaría, al igual que en el período anterior, por la degradación que se produjo luego de fertilizaciones sucesivas, donde comenzaron a dominar especies anuales exóticas que desplazaron a las nativas perennes, generando pérdidas en la biodiversidad de las especies característica del campo natural (Cardozo et al., 2008).

Al igual que en el forraje disponible, se obtuvo una mayor contribución de leguminosas en los tratamientos con mayor historia.

Es de importancia destacar que una vez más no existieron grandes variaciones en la contribución porcentual de especies entre el forraje disponible y remanente.

Cuadro No. 52. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje remanente promedio en invierno-primavera

	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
	p-valor de los contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,062	0,710	0,130
120 vs. 60**	0,587	0,774	0,783
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	7	2	1
120 N	7	2	2
60	4	2	1
120	6	1	0

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se encontró efecto de la historia de fertilización únicamente en SD. A pesar de esto, al ser comparados con los resultados obtenidos por André et al. (2016), se observó que no existieron cambios importantes en la cobertura del mismo.

4.3.2.3. Primavera

Se presentan a continuación los parámetros analizados en la composición botánica para el período primavera. Se consideraron tanto las características de la pastura pre-pastoreo (disponible) y como se altera luego del pastoreo (remanente).

Cuadro No. 53. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en primavera.

	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
	p-valor de los contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,027	0,320	0,320
120 vs. 60**	0,408	0,378	0,378
	Medias de los tratamientos según Tukey		
60 N	3604	97	3
120 N	3941	98	2
60	2707	98	2
120	2980	98	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se observó que no existió efecto de historia de fertilización ni de dosis aplicada para las variables MV y RS, reportándose resultados similares en todos los tratamientos.

La MSD presentó efecto de historia de fertilización, como ya fue explicado en la sección producción primaria de primavera.

Se destacó la baja proporción de RS que presentaron todos los tratamientos, lo que fue de esperar, ya que según Carrera et al., citados por André et al. (2016), los RS en la primavera no deberían superar el 5% de la masa de forraje total.

Cuadro No. 54. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje disponible de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en primavera.

	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
	p-valor de contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,052	0,703	0,042	0,654	0,028	0,774	0,152
120 vs. 60**	0,284	0,002	0,025	0,138	0,308	0,710	0,411
	Medias de los tratamientos según Tukey						
60 N	22 AB	44 B	15 AB	1	2	10	3
120 N	31 A	43 AB	6 B	1	1	11	4
60	27 A	31 C	23 A	3	2	11	2
120	13 B	55 A	14 AB	1	4	10	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

El comportamiento que tuvieron las GIP y GIA en el período coincidió con Bemhaja (1994a), quien afirma que la fertilización con N favorece a los pastos finos y tiernos, particularmente invernales, tanto perennes como anuales. Los mismos tuvieron diferente respuesta ante la distinta historia de fertilización y la dosis aplicada.

Las GIP presentaron efecto de historia de fertilización, obteniendo los menores registros en promedio los más viejos. Al analizar por tratamiento, existieron diferencias significativas entre los mismos ($p=0,010$), reportando 120 el menor porcentaje. Esta respuesta pudo atribuirse a las sucesivas fertilizaciones y altas dosis de N, que al levantar la restricción de fertilidad del suelo, las gramíneas anuales respondieron muy significativamente, y debido a su alto vigor inicial, desplazaron a este grupo de especies (Bemhaja, 1994a).

En cuanto a GIA, existió tanto efecto en la dosis de N aplicada como diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p=0,001$). Aquellos fertilizados con 120 kg/ha de N fueron los que presentaron los mayores valores, destacándose 120, donde estas especies alcanzaron un 55% en el total del forraje. A pesar de que *Lolium multiflorum* es una especie fina, durante los meses en que no se encuentra en activo crecimiento genera espacios de suelo descubierto que hacen a la pastura predisponente a la

invasión de malezas anuales y especies estivales ordinarias como *Cynodon dactylon*.

Las GEFT presentaron efecto tanto de dosis, de historia de fertilización como de tratamientos ($p=0,069$). Este grupo estuvo principalmente representado por *P. notatum* y *P. dilatatum*, especies que fueron promovidas por la fertilización nitrogenada (Berretta, 2005b), las cuales en el tratamiento 60 contribuyeron en un 21% del forraje total, representando el 92% de las GEFT (anexo No. 22). En el caso de la especie *P. notatum* se observó efecto de historia de fertilización ($p=0,038$) y de dosis aplicada ($p=0,043$), destacándose el tratamiento 60 con una contribución de 11,6%. *P. dilatatum* presentó un comportamiento creciente en los tratamientos con mayor historia, teniendo una participación promedio de 8,4%. Boggiano et al. (2005) aseveran que la mayor frecuencia de pastoreo generó una ventaja al desarrollo de especies postradas como *P. notatum*, y además, como ya fue mencionado, dosis superiores a 60 kg/ha de N no generan una mayor respuesta sobre el *P. dilatatum*. A su vez, lo que pudo haber ocurrido en los tratamientos con más años de fertilización en primavera, es que las especies anuales invernales predominantes estuvieran finalizando su ciclo de vida, dejando así espacios que pudieron ser ocupados por especies estivales.

Por otra parte, las GEFT mostraron un marcado incremento con respecto al período anterior. Esto pudo explicarse porque al tratarse de especies estivales presentaron una intensa actividad fotosintética desde el rebrote primaveral hasta el inicio de las primeras heladas (Rosengurtt, 1979).

En las hierbas enanas se obtuvo efecto en ambos contrastes y de tratamiento (N vs. V.: $p=0,009$; 120 vs. 60: $p=0,060$; trat.: $p=0,082$) teniendo en promedio mayor contribución los tratamientos viejos. Esto se justificaría a través de la adaptación de estas hierbas a las altas frecuencias de pastoreo y al efecto del N sobre la degradación de la pastura.

Cuadro No. 55. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje disponible promedio en primavera.

	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
	p - valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,274	0,315	0,023
120 vs. 60**	0,811	0,154	0,120
	Media de tratamientos según Tukey		
60 N	4	2	2
120 N	5	1	1
60	4	2	1
120	3	1	0

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha.

Se observó efecto de la historia de fertilización en la variable Eh, teniendo una vez más, mayor contribución en los tratamientos con menos años de fertilizaciones. De todas formas, dichas diferencias no presentaron relevancia desde el punto de vista agronómico

A continuación se presenta la composición botánica de la pastura luego de haber sido pastoreada en el período primavera.

Cuadro No. 56. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) en el período primavera.

	MSR (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
	p - valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,045	0,385	0,377
120 vs. 60**	0,141	0,533	0,557
	Media de tratamientos según Tukey		
60 N	1956	94	6
120 N	2110	92	8
60	1808	96	4
120	1900	94	6

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se encontró efecto únicamente de la historia de fertilización sobre MSR, que fue explicada en la producción primaria de primavera.

Se destacó el alto % MV de todos los tratamientos, que se podría explicar, como se mencionó anteriormente, porque las aplicaciones de NP a fines de invierno continúan estimulando el crecimiento de las especies invernales y permiten un rebrote más temprano de las especies estivales.

Cuadro No. 57. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre la contribución porcentual en el forraje remanente de gramíneas invernales perennes (GIP), gramíneas invernales anuales (GIA), gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT), gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD), leguminosas (Leg.), hierbas (Hier.) y cardos (C) en primavera.

	GIP (%)	GIA (%)	GEFT (%)	GEOD (%)	Leg. (%)	Hier. (%)	C (%)
	p - valor de contrastes ortogonales						
N vs. V*	0,086	0,288	0,311	0,001	0,024	0,920	0,336
120 vs. 60**	0,431	0,042	0,117	0,793	0,461	0,903	0,064
	Media de tratamientos según Tukey						
60 N	26	24	24	3	3	11	3
120 N	25	32	19	3	1	10	2
60	21	26	31	1	5	10	2
120	15	40	21	1	5	11	2

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se registró efecto de la historia de fertilización en GIP, GEOD y Leg., y de la dosis aplicada en GIA y C.

Las GIP mantuvieron el comportamiento del forraje disponible, en el cual aquellos tratamientos con menos años de aplicación de N presentaron mayor porcentaje.

Se obtuvo que en GIA los tratamientos fertilizados con 120 kg/ha de N fueron los que presentaron la mayor proporción de estas especies. Por otro lado, se observó una gran disminución de éstas con respecto al disponible, explicado porque el *Lolium multiflorum* es una especie de alta preferencia animal.

En GEOD los tratamientos fertilizados recientemente presentaron mayores valores, lo que pudo atribuirse a una menor frecuencia de pastoreo, que permitió el desarrollo de especies cespitosas de mayor porte. Con respecto al disponible, se observó un aumento relativo de éstas frente al resto de las especies debido a su baja preferencia que llevó a que las mismas no sean consumidas.

Por otro lado, en GEFT se observó un aumento porcentual en el aporte de este grupo respecto a los períodos anteriores. Este aumento se obtuvo sobre todo en los tratamientos con mayor historia de fertilización, representado principalmente por *P. dilatatum* ($p=0,033$) y se explicaría por las condiciones ambientales más favorables para el crecimiento de estas especies, por la alta fertilidad del suelo, y a su vez por el alto consumo de GIA, que determinó que la contribución relativa del resto de las especies aumentara.

Si bien existió efecto de dosis en C, al analizar los kg/ha que aportó este grupo, los resultados fueron similares entre tratamientos, sin poder apreciarse el comportamiento reportado en la contribución porcentual de estas especies. Esto no permitió apreciar si el aumento % se debe a una mayor frecuencia y menor tamaño de plantas o a una menor frecuencia y mayor tamaño.

Cuadro No. 58. Efecto de la historia de fertilización y de dosis aplicada, y medias de los tratamientos sobre la cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y *Eryngium horridum* (Eh) del forraje remanente promedio en primavera.

	SD (%)	MCS (%)	Eh (%)
	p - valor de contrastes ortogonales		
N vs. V*	0,897	0,360	0,280
120 vs. 60**	0,752	0,102	0,264
	Media de tratamientos según Tukey		
60 N	5	2	2
120 N	4	1	1
60	4	1	1
120	5	1	0

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

En ninguno de los casos se observaron diferencias entre tratamientos, así como tampoco efecto en la historia de fertilización o efecto en el nivel de N aplicado.

4.3.3. Producción secundaria

4.3.3.1. Total del período

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos en el total del período para las variables de producción secundaria.

Cuadro No. 59. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en el total del período.

	OF (%)*	CI (kg/ha)*	CM (kg/ha)*	GMD (kg/animal/día)	G/ha (kg/ha)*
	p - valor contrastes ortogonales				
N vs. V**	0,493	0,001	<0,001	0,478	-
120 vs. 60***	0,834	0,957	0,521	0,624	-
	Medias de los tratamientos según Tukey				
60 N	6,9	2897 AB	723 B	0,630	350
120 N	7,0	3147 A	785 B	0,750	382
60	7,5	2388 BC	1187 A	1,510	395
120	7,2	2115 C	1054 A	1,540	402

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

**Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

***Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Se observó que para el total del período existieron diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables CI ($p < 0,001$) y CM ($p < 0,001$).

Existió a su vez efecto de la historia de fertilización en CI, teniendo en promedio mayores registros los tratamientos con menor historia. Esta diferencia pudo estar explicada por el menor tamaño de las parcelas que presentaron los tratamientos más nuevos.

Se encontró también efecto en la historia de fertilización para CM, arrojando los mayores valores los tratamientos con mayor historia. Al no existir diferencias en la OF, esto se podría explicar a través de cambios que no fueron estadísticamente significativos en TC, que pudieron haber generado una mayor MSProd y de esta forma permitieron alcanzar cargas superiores.

En cuanto a la GMD, si bien no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ni efecto de la historia de fertilización como de dosis aplicada, se pudo apreciar la superioridad en términos absolutos de los tratamientos con más años de fertilización. Este mejor desempeño pudo estar determinado por la menor CI que éstos presentaron, ya que la OF no difirió. Por otro lado, también pudo haber influido que en los tratamientos más viejos los animales eran de mayor edad, y por ende, de mayor tamaño, ya que al inicio del experimento el peso promedio de los animales del experimento 1 era de 223 kg y los del experimento 2 de 352 kg.

Las GMD en los tratamientos más viejos fueron muy superiores a los obtenidos por Larratea y Soutto (2013), quienes en el mismo período obtuvieron ganancias de 0,400 kg/animal/día con OF promedio de 8%.

Es pertinente mencionar que las GMD fueron corregidas por el peso inicial de los animales, es por ello que se observaron diferencias en las mismas en los tratamientos con fertilizaciones recientes (60 N y 120 N) entre el análisis del experimento 1 y 2. El anexo No. 24 muestra las ganancias de PV en balanza.

En cuanto a la G/ha, a pesar de que no se pudieron analizar estadísticamente por falta de repeticiones, se observó que los valores son altos en todos los casos, y superaron a los obtenidos por Larratea y Soutto (2013), quienes en similar período obtuvieron ganancias promedio de 63 y 42 kg/ha para tratamientos fertilizados con 60 y 114 kg/ha de N respectivamente.

4.3.3.2. Invierno-primavera

A continuación, se presenta el análisis de las variables de producción secundaria en el período invierno-primavera.

Cuadro No. 60. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en el período invierno-primavera.

	OF (%)	CI (kg/ha)	CM (kg/ha)	GMD (kg/animal/día)	G/ha (kg/ha)*
	p - valor contrastes ortogonales				
N vs. V**	0,401	<0,001	<0,001	0,112	-
120 vs. 60***	0,938	0,473	0,277	0,028	-
	Medias de los tratamientos según Tukey				
60 N	6,6	2457 B	614 D	0,450 B	116
120 N	6,3	2851 A	712 C	0,670 B	130
60	6,9	2168 BC	1082 A	1,020 A	100
120	7,1	1916 C	946 B	1,290 A	139

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) en ANAVA.

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

**Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

***Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Tanto la CI como CM tuvieron efecto de tratamiento (CI: $p < 0,001$; CM: $p < 0,001$) como de historia de fertilización. El tratamiento con mayor CI fue 120 N y el de menor 120, pudiendo ser explicada por el tamaño de las parcelas.

En cuanto a la CM, el tratamiento 60 fue el que obtuvo una mayor carga promedio, seguido por 120, 120 N y por último 60 N. Esta diferencia podría deberse a que, a pesar de que la asignación de forraje no fue diferente entre tratamientos, la mejora en la calidad de la pastura en los tratamientos más viejos permitió aumentar la carga del sistema.

Existió efecto de dosis aplicada y de tratamiento ($p = 0,071$) sobre la GMD. A pesar de que los contrastes ortogonales muestran efecto de la dosis, el ANAVA diferenció los tratamientos por historia de fertilización, teniendo las máximas ganancias 60 y 120. Esta respuesta se podría explicar, por un lado por la mayor CI en los tratamientos más nuevos, y por otro lado por la calidad del forraje consumido, ya que no existieron diferencias ni en la MSD ni en la OF.

Según Prins y Van Burg, citados por Azanza et al. (2004) se incrementa la digestibilidad del forraje consumido debido a la mayor frecuencia de defoliación.

Las GMD de los tratamientos con historia de fertilización reciente fueron similares a las obtenidas por André et al. (2016), quienes registraron ganancias de 0,560 y 0,370 kg/animal/día para 60 N y 120 N respectivamente. Las GMD de los tratamientos 120 y 60 del experimento 2 fueron muy superiores a las reportadas por los mismos autores (60=0,540 kg/animal/día; 120=0,450 kg/animal/día).

En cuanto a la G/ha, todos los tratamientos tuvieron registros similares. Se apreció la alta producción de carne del período, al compararlo con lo obtenido por Pallares y Pizzio (1994a) en campos fertilizados del Sur de Corrientes, quienes registraron en promedio producciones de 147 kg/ha/año.

4.3.3.3. Primavera

Seguidamente se explican los resultados de producción secundaria encontrados en primavera.

Cuadro No. 61. Efecto de historia de fertilización y de dosis aplicadas, y medias de los tratamientos sobre oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G/ha) en primavera.

	OF (%)	CI (kg/ha)	CM (kg/ha)	GMD (kg/animal/día)	G/ha (kg/ha)*
	p - valor de contrastes ortogonales				
N vs. V**	0,3751	0,006	0,004	0,4484	-
120 vs. 60***	0,7622	0,811	0,887	0,2387	-
	Medias de los tratamientos según Tukey				
60 N	7,0	3610 AB	899 B	1,120	221
120 N	7,0	4014 A	999 B	1,090	241
60	7,5	2663 AB	1328 A	2,180	312
120	7,1	2446 B	1202 AB	1,780	220

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$) de ANAVA.

*Sin análisis estadístico por falta de repetición de observaciones.

*Contraste ortogonal menor vs. mayor historia de fertilización.

**Contraste ortogonal dosis 60 vs. 120 kg/ha de N.

Existieron diferencias significativas en CI ($p=0,038$) y CM ($p=0,022$).

La CI presentó efecto de la historia y de tratamiento, siendo superior una vez más, en 120 N e inferior en 120, sin existir diferencias en los restantes. Se destacó la elevada CI que tuvieron todos los tratamientos durante primavera, reflejo de la alta MSD, ya que no hubo variaciones en las OF en comparación a los restantes períodos.

También, la CM tuvo efecto tanto de la historia como de tratamiento. La misma fue superior en 60 e inferior en los tratamientos con menor historia de fertilización; sin diferenciarse 120 con los restantes. Esta misma tendencia a que los tratamientos con mayor historia presentaran superiores CM fue encontrada por André et al. (2016), aunque la carga tanto instantánea como total alcanzada por dichos autores fue inferior a la del presente experimento.

Las GMD, si bien no presentaron diferencias significativas, ni efecto de dosis como tampoco de historia de fertilización, se destacó que los tratamientos con mayor historia de fertilización presentaron en promedio ganancias 0,910 kg/animal/día superiores a los restantes. Dicho comportamiento se explicaría por la calidad del forraje consumido, ya que ciclos de pastoreo más cortos evitaron que el *Lolium multiflorum* pase a estado reproductivo, momento en que la digestibilidad del mismo desciende (Aganga et al., 2004), y al mayor tamaño de los animales.

Al comparar los resultados obtenidos en GMD, se encontró que fueron muy superiores a los reportadas por Gianluppi et al. (2002). En dicho experimento, fertilizando en primavera-verano con dosis desde 0 a 200 kg/ha de N, las GMD obtenidas promedio fueron de 0,730 kg/animal/día. Cabe destacar que las cargas utilizadas en el mismo fueron superiores a las de los tratamientos con menor historia de fertilización del experimento y similares a los tratamientos más viejos (1150 y 1490 kg/ha para 100 y 200 kg/ha de N respectivamente).

Se destacó la alta ganancia de peso primaveral de todos los tratamientos, lo que corresponde al elevado consumo de forraje, debido a que la MSDes fue máxima en este período (cuadro No. 40).

Las máximas G/ha se obtuvieron en el tratamiento 60, alcanzado producciones 85 kg/ha superior al promedio de los restantes tratamientos. Resultados similares a los de 60 reportaron Azanza et al. (2004) con 100 kg/ha de N, los cuales fueron en promedio de 325 kg/ha para este período.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo se evaluó la producción del campo natural con distintos niveles de intervención.

En todo el período de evaluación, no se observaron diferencias significativas en las variables de producción primaria estudiadas. A pesar de ello se observó que a medida que incrementó el nivel de intervención del campo natural, la materia seca producida aumentó alcanzando valores superiores al testigo de hasta 1567 kg/ha de materia seca.

Al analizar las estaciones individualmente, tampoco se encontraron diferencias en los períodos invierno e invierno-primavera. En primavera se observaron aumentos en la tasa de crecimiento, y por lo tanto, en la producción de materia seca, obteniendo el máximo registro el tratamiento fertilizado con 120 kg/ha de N. En el campo natural mejorado y el fertilizado con 60 kg/ha de N se encontraron valores intermedios, sin diferenciarse del tratamiento testigo ni del fertilizado con 120 kg/ha de N. A su vez, en esta estación se registraron las mayores tasas de crecimiento y de producción de materia seca de todo el período de evaluación.

En cuanto a la composición botánica, se observó que en todo el período los tratamientos fertilizados con nitrógeno fueron los que presentaron mayor participación de gramíneas invernales anuales, mientras que campo natural presentó una mayor proporción de gramíneas estivales finas y tiernas, como de gramíneas estivales ordinarias y duras. Estas diferencias fueron atribuidas a que la fertilización nitrogenada promovió el crecimiento de especies de alta respuesta al agregado de este nutriente, como el *Lolium multiflorum*, desplazando a otras especies perennes nativas, adaptadas a situaciones de fertilidad limitante. Esto generó que la relación gramíneas invernales/gramíneas estivales aumentara con los niveles de intervención, siendo de 1,2 en campo natural y de 5 en el tratamiento fertilizado con 120 kg/ha de N. Al mismo tiempo, esto permitió que el contenido de materia verde aumentara en la misma medida y disminuyera la fracción restos secos. Por otro lado, el campo natural mejorado presentó la mayor proporción de leguminosas, teniendo un promedio de 6% de leguminosas implantadas en el tapiz. En cuanto a la cobertura de suelo descubierto, malezas de campo sucio y *Eryngium horridum*, se destacó la baja proporción de estas tres fracciones en todos los tratamientos.

Al analizar la composición botánica por períodos, se observó que durante invierno no existieron diferencias significativas en ninguna de las fracciones evaluadas. Tanto en invierno-primavera como en primavera

existieron diferencias significativas en las fracciones gramíneas invernales anuales y gramíneas estivales finas y tiernas, registrando los tratamientos fertilizados los máximos valores en el primer caso, y los menores en el segundo. A su vez en primavera, el aumento en la tasa de crecimiento en los tratamientos intervenidos determinó que se obtuvieran los máximos registros de materia verde. Por otro lado, el aporte de leguminosas en el campo natural mejorado fue máximo en esta estación, explicado por las características fisiológicas de las especies introducidas.

En cuanto a la producción secundaria, en el total del período se obtuvieron mayores ganancias medias diarias en los tratamientos con intervención del campo natural respecto al testigo. Esta respuesta fue atribuida a la mejora en la calidad de la pastura, como consecuencia del mayor aporte de especies finas y tiernas en los tratamientos mejorados con leguminosas y fertilizados con nitrógeno. Por otro lado, estos últimos fueron los que alcanzaron las mayores cargas instantáneas y cargas medias, obteniendo así los máximos valores de ganancias por hectárea.

Durante el período invierno, si bien se registraron diferencias en oferta de forraje entre tratamientos, las ganancias medias diarias no se diferenciaron, y en todos los casos se obtuvieron pérdidas de peso explicado por las bajas temperaturas, por la escasa producción de materia seca y la baja calidad de la pastura ofrecida. En invierno-primavera y primavera las ganancias medias diarias fueron positivas en ambos períodos. En invierno-primavera el tratamiento fertilizado con 120 kg/ha de N presentó ganancias significativamente superiores a las de campo natural, y en primavera todos los tratamientos intervenidos registraron ganancias superiores al testigo. Como se mencionó anteriormente, el aumento en esta variable se atribuyó a la mejora en la calidad de la pastura, tanto por la introducción de leguminosas en campo natural mejorado, como la promoción del crecimiento de especies invernales de mayor calidad en los tratamientos fertilizados.

Por otro lado, al evaluar el efecto de la dosis e historia de fertilización en todo el período sobre las variables de producción primaria, se encontró efecto únicamente de la historia de fertilización en la altura disponible, materia seca desaparecida y porcentaje de desaparecido. Los tratamientos que alcanzaron registros superiores fueron los de menor historia de fertilización, aunque esta respuesta fue atribuida al mayor período de descanso que estos presentaron y no al efecto de la fertilización en sí.

Al realizar el análisis por estación, en los períodos invierno-primavera y primavera se registró la misma respuesta anteriormente mencionada. A su vez,

en primavera se obtuvieron los mayores valores de todas las variables de producción, como resultado del aumento de las temperaturas que permitieron acelerar los ritmos de crecimiento vegetal.

En cuanto a la composición botánica, se observó que en el total del período los tratamientos con más años de fertilización presentaron mayor proporción de materia verde y menor de restos secos, lo cual fue atribuido a la mayor frecuencia de pastoreo que mantuvo la pastura en activo crecimiento. Por otro lado, se encontró que estos tratamientos presentaron mayor participación de especies invernales anuales como *Lolium multiflorum*, y menor en el resto de las fracciones evaluadas como gramíneas estivales finas y tiernas, gramíneas invernales perennes y gramíneas estivales ordinarias y duras. Esta tendencia a la anualización de las especies presentes indicaría que con las aplicaciones sucesivas de nitrógeno el tapiz vegetal se fue degradando, ya que el crecimiento de las especies anuales exóticas desplazó a las perennes nativas, generando una desestabilización de la biodiversidad de especies del tapiz natural. A su vez, en estos tratamientos el contenido de leguminosas fue mayor, lo que se explicó por el sucesivo aporte de fósforo combinado con el nitrógeno y la mayor frecuencia de pastoreo, que promovió el crecimiento de las mismas.

Cuando se evaluó la composición botánica por estación, tanto en invierno-primavera como en primavera, se observó la misma tendencia a la anualización de las especies en los tratamientos con mayor historia de fertilización, registrándose los máximos valores de gramíneas invernales anuales en primavera.

En cuanto a la producción secundaria, en el total del período se registraron mayores cargas instantáneas en los tratamientos con menor historia debido al menor tamaño de parcela, y menor carga media debido a las diferencias en valores absolutos en tasa de crecimiento, que generaron producciones de forraje superiores en los tratamiento de mayor historia. Las ganancias medias diarias no se diferenciaron entre tratamientos.

Durante invierno-primavera y primavera se observó el mismo comportamiento mencionado anteriormente en carga instantánea y carga media. Las ganancias medias diarias de invierno-primavera permitieron diferenciar los tratamientos según historia de fertilización, obteniéndose los mayores registros en los más viejos. En primavera, si bien no existieron diferencias significativas en ganancias medias diarias, se destacó que en términos absolutos los tratamientos de mayor historia obtuvieron ganancias superiores. En ambas estaciones, este comportamiento se atribuyó al alto

contenido de gramíneas anuales invernales y a las menores cargas instantáneas alcanzadas en estos tratamientos.

5. CONCLUSIONES

Tanto la fertilización nitrogenada como la introducción de leguminosas, no permitieron detectar diferencias en producción de forraje con respecto al campo natural en todo el período.

La fertilización nitrogenada permitió aumentar la receptividad animal a pesar de no diferenciarse en la producción de forraje. En cambio, la introducción de leguminosas no registró la misma respuesta.

La fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas permitieron aumentar la calidad del forraje, alcanzando ganancias medias diarias superiores al campo natural.

El desempeño animal individual no se diferenció entre los tratamientos mejorados con leguminosas y fertilizados con nitrógeno.

Se encontró efecto de la historia de fertilización sobre la composición botánica, aumentando la proporción de especies anuales en detrimento de otras especies perennes productivas.

6. RESUMEN

El experimento se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, sobre el potrero 18. La misma se ubica 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.). El período de evaluación estuvo comprendido entre el 6 de junio de 2016 al 22 de noviembre de 2016, que fue dividido en tres estaciones: invierno, invierno-primavera y primavera. El objetivo consistió en evaluar la respuesta productiva del campo natural sometido a dos niveles de fertilización nitrogenada y a la introducción de leguminosas bajo pastoreo rotativo con ofertas de forraje *a priori* de entre 8% y 10%, en la producción de forraje, composición botánica y producción animal. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en las que se evaluó: un testigo sin intervención (CN), dos niveles de N, 60 (60 N) y 120 kg/ha de N (120 N), y un mejorado con leguminosas de *Lotus tenuis* cv Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela (CNm). Los tres tratamientos intervenidos fueron fertilizados a la siembra con 40 kg/ha de P₂O₅. También se evaluó el efecto de la historia de fertilización y de la dosis de fertilizante aplicado. Las variables analizadas fueron: producción de forraje (MSProd), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSDes), evolución de la composición botánica, carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia por animal (GMD) y oferta de forraje (OF). Como resultado se obtuvo que la MSProd en todo el período no fue diferente entre tratamientos. En invierno e invierno-primavera las bajas temperaturas registradas no permitieron apreciar el efecto esperado del N y de la introducción de leguminosas. En primavera, debido al aumento de la temperatura, cambio fenológico de las especies invernales y rebrote de las estivales, se registraron las mayores producciones, diferenciándose el tratamiento con 120 N del CN. En cuanto a la composición botánica, en todo el período se observó un mayor contenido de materia verde (MV) en 120 N, diferenciándose de CN, lo que se atribuyó a las diferencias obtenidas en las GIA, especies con mayor presencia en los tratamientos fertilizados con N. Contrario a ello, las gramíneas estivales finas y tiernas (GEFT) y las gramíneas estivales ordinarias y duras (GEOD) tuvieron mayor contribución en CN. Existió una elevada participación de leguminosas (Leg.) en CNm. El % de las especies en el forraje disponible y remanente se mantuvo, decreciendo únicamente las GIA en 60 y 120 N en primavera. Existió efecto de dosis e historia de fertilización sobre las fracciones GIA y GEFT. Tratamientos con mayor historia de fertilización obtuvieron mayor % de GIA, y a su vez se observó un comportamiento creciente a mayor dosis de N. Lo contrario se reportó en GEFT. Esta respuesta demuestra la tendencia a anualizar las especies presentes en el tapiz con el sucesivo agregado de N, que lleva a una paulatina degradación de la pastura. En la producción secundaria de todo el

período se registraron mayores GMD en los tratamientos con intervención del campo natural. En invierno, a pesar de que la OF fue significativamente mayores en CN, no se obtuvo diferencias en la GMD. En invierno-primavera y primavera, el comportamiento fue similar al del total del período que, podría explicarse por la mejora en la calidad de la pastura. Los tratamientos fertilizados con N alcanzaron cargas superiores a lo largo de todo el período. Existió el efecto de la historia de fertilización sobre la GMD en invierno-primavera, en la cual los tratamientos con más años de fertilización fueron los que reportaron los mayores valores. La carga animal tuvo efecto de la historia de fertilización, presentando los tratamientos con fertilización reciente CI superiores, mientras que los que tenían más años de fertilización alcanzaron valores de CM superiores.

Palabras clave: Campo natural; Nitrógeno; Leguminosas; Invierno; Invierno-primavera; Primavera.

7. SUMMARY

The experiment was taken place at the Estación Experimental Mario A. Cassinoni of the Faculty of Agronomy, at pasture 18, situated at Km. 363 of the General Artigas road, in Paysandú Department, Uruguay (32° 20' 9" South latitude, and 58 degrees West Longitude, 61 ms. N.m). The evaluation was from June 6th. 2016, to November 22nd. 2016, and it was divided in three periods: winter, winter/spring and spring. The objective was to evaluate the productive response of the natural field submitted under two levels of nitrogenous fertilization and the introduction of legumes under rotational pasturage with herbage allowance *a priori* of 8% and 10%, in forage production, botanical composition, and animal production. The experimental design consisted of completed randomized blocks with four repetitions, in which was evaluated a controller without intervention (CN), two levels of N, 60 (60 N), and 120 kg/ha of N (120 N), and an improvement with legumes of *Lotus tenuis* cv Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNm). The three undergoing treatments were fertilized at sowing with 40 kg/ha of P₂O₅. Also the fertilization history effect and the doses of applied fertilizer were evaluated. The analyzed variables were: forage production (MSProd), growth rate (TC), disappeared forage (MSDes), evolution of the botanical composition, instant upload (CI), medium upload (CM), gain per animal, (GMD) and forage allowance (OF). The results have shown that there wasn't any difference among treatments during the whole evaluation period of the forage production. In winter and winter-spring season the low temperatures didn't allow to notice the effect of the N and the introduction of legumes. The highest productions were during the spring season due to the raise of temperature, the phenological change of winter species, and the regrowth of the summer species, differentiating the treatment with 120 N of the CN. Regarding the botanical composition during all the evaluated period, it was found a higher content of green matter (MV) in 120 N, being different from CN, which was attributed to differences obtained in the winter annual grasses (GIA), species with higher presence in the treatments fertilized with N. Contrary to it, thin and tender season grasses (GEFT) as well as the ordinary, hard season grasses (GEOD) had a higher contribution in CN. A high participation of legumes (Leg.) was found in CNm.. It has to be stressed that the % of the species in the available and remaining forage was remained, noticing a decrease only in GIA at 60 N and 120 N during spring. There was effect of the doses and history of fertilization in GIA and GEFT. In the first case, the treatments with higher history of fertilization had the highest values, and at the same time it was observed that the higher the doses of N the better growing. The opposite was reported on GEFT. This response shows the tendency of annualizing the species available in the forage with the hereinafter addition of N, that leads to a slow degradation of the pasture. Regarding the secondary

production during the evaluation period it was registered higher GMD in treatments with intervention of the natural field. In winter, even though the OF was significantly higher in CN there weren't differences in the GMD. In winter-spring and spring similar behavior as the all evaluation period was registered, that could've been as a consequence of a quality improvement of the pasture. In all the periods, treatments with N reached higher CI and CT. In assessing the effect of the history and doses of fertilization on the GMD, the effect of history was obtained during winter-spring, in which the treatments with more years of fertilization were the ones that reported the highest values. The stocking had the effect of the history of fertilization, having the treatments with recent fertilization higher CI, whereas the ones that had more years of fertilization reached higher values of CM.

Key words: Natural field; Nitrogen; Legumes; Winter; Winter-spring; Spring.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aganga, A.; Omphile, U.; Thema, T.; Wilson, L. 2004. Chemical composition of ryegrass (*Lolium multiflorum*) at different stages of growth and ryegrass silages with additives. *Journal of Biological Sciences*. 4 (5): 645-649.
2. Allen, V.; Batello, C.; Berretta, E.; Hodgson, J.; Kothman, M.; Li, X.; Mclvor, 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. Álvarez, M.; Álzaga, G.; Nopitch, 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. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
4. André, M.; Pedoja, M.; Ramírez, C. 2016. Respuesta productiva de un campo natural sometido a niveles crecientes de intervención. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 94 p.
5. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994a. Nitrógeno en campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
6. _____; _____. 1994b. Respuesta a la fertilización nitrogenada de tres gramíneas sembradas en cobertura. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 43-48 (Serie Técnica no. 51).
7. _____; _____. 1995. Mejoramientos extensivos en la región Este; manejo y utilización. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 177-182 (Serie Técnica no. 80).
8. _____; Bermúdez, R. 2005. Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de lomas en la región Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural

(2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 41-50 (Serie Técnica no. 151).

9. _____.; Bendersky, D. 2017. Modificaciones de la productividad del campo natural vía incorporación de especies y nutrientes; oportunidades y consecuencias. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (24^a., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 17-26.
10. Azanza, A.; Panizza, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.
11. Bavera, G.; Beguet, H. 2003. Termorregulación corporal y ambientación. (en línea). s.n.t. 14 p. Consultado 18 oct. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/04-termorregulacion_corporal_y_ambientacion.pdf
12. Bemhaja, M. 1994a. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
13. _____.; Berretta, E. J.; Brito, G. 1994b. 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., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
14. _____.; Olmos, F. 1995. Producción de pasturas en suelos arenosos. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 221-229 (Serie Técnica no. 80).
15. _____. 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).

16. _____. 1998b. Mejoramiento de campo en Basalto Profundo. Evaluación de leguminosas; géneros, especies y variedades. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 102).
17. _____. 1998c. Mejoramiento de campo; manejo de leguminosas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53-61 (Serie Técnica no. 102).
18. _____.; Berretta, E.; Zerbino, S.; Cadenazzi, N. 2008. Contribución de las raíces de comunidades de campo natural bajo diferentes niveles de NP con pastoreo controlado en Basalto. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 146-147.
19. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de Lomadas del Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-39 (Serie Técnica no. 151).
20. Berretta, E. 1995. Campo natural; valor nutritivo y manejo. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-127 (Serie Técnica no. 80).
21. _____. 1998a. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 91-97 (Serie Técnica no. 102).
22. _____.; Levratto, J.; Risso, D.; Zamit, W. 1998b. Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998,

Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63-72 (Serie Técnica no. 102).

23. _____. 2005a. Algunas consideraciones sobre el pastoreo racional Voisin. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 115-123 (Serie Técnica no. 151).
24. _____. 2005b. 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. 151).
25. Boggiano, P.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M.; Marçal, G.; Magdalena, E.; Vieira, J.; dos Santos, R.; Silveira, F. 1998. Efeito da adubação nitrogenada (N) e da oferta de forragem (OF) sobre a composição botânica da pastagem natural. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (17^a., 1998, Lages). Trabajos presentados. Lages s.e. p. 132.
26. _____. 2000a. Dinâmica da produção primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis Ing. Agr. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 190 p.
27. _____.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000b. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem sobre as taxas estacionais de acumula de matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (18^a., 2000, Guarapuava). Trabajos presentados. Guarapuava, s.e. pp. 120-121.
28. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2000c. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem sobre a 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.

29. _____.; Zanoniani, R.; Millot, J. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 105-113 (Serie Técnica no. 151).
30. _____.; _____.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada otoño invernal y ofertas de forraje sobre la población de *Paspalum notatum* Fl. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajes de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 156-157.
31. Boldrini, I. 1993. Dinâmica de vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solos, Depressão Central, RS. Tesis Ing. Agr. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 262 p.
32. Bossi, J. 1969. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones. 464 p.
33. Bottaro, C.; Zavala, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NPK en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 171 p.
34. Brougham, R. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 7 (5): 377-387.
35. Bueno, E.; Soares, A.; Mezzalira, J.; Tirelli, L.; Zotti, F.; Marceniuk, L.; Lorenzatto, H. 2004. Intensidades de pastejo em campo nativo melhorado. 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. 322-323.

36. Burgos, A. 1974. Efecto de la fertilización mineral NP en la producción de forraje de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p.
37. 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 1991-1992. Montevideo, INIA. pp. 12-16 (Actividades de Difusión no. 75).
38. _____. 2008. Pasturas naturales mejoradas. 2a. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
39. Cardozo, R.; Kunrath, T.; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 155-156.
40. Castells, D. 1974. Fertilización de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
41. Celebi, S.; Arvas, O.; Terzioglu, O. 2011. The effects of nitrogen and phosphorus fertilizer application on herbage yield of natural pastures. *Pakistan Journal of Biological Science*. 14 (1): 53-58.
42. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
43. Correa, D.; Scheffer-Basso, S.; 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. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 275-276.

44. Correa, F.; Alvim Silva, L. 1994. 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.}, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 91-93 (Serie Técnica no. 94).
45. De Brum, E. 2004. Descripción de mejoramientos de campo con trébol blanco (*Trifolium repens*) y lotus (*Lotus corniculatus*) en el departamento de Artigas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 134 p.
46. Del Puerto, O. 1969. Hierbas del Uruguay. (en línea). Montevideo, Nuestra Tierra. 37 p. (Nuestra Tierra no. 19). Consultado 30 may. 2017. Disponible en <http://anaforas.fic.edu.uy/jspui/handle/123456789/9625>
47. Errandonea, M.; Kuchman, C. 2008. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural en *Stipa setigera* Presl y *Bromus auleticus* Trinius bajo pastoreo de vacunos en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 146 p.
48. Fonseca do Amaral, M.; Mezzalira, J.; Silveira, M.; Cardoso, P.; Kunrath, T.; Cardoso, R; Simon, L.; de Faccio Carvalho, P. 2008. Influência da manipulação estacional da oferta de forragem na produção animal em pastagem natural do sul do Brasil. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (22^{a.}, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 191-192.
49. Gallinal, J.; García Pintos, F.; García Pintos, R. 2016. Respuesta a los niveles de intervención de un campo natural sobre la producción primaria y secundaria. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.
50. García, J.; Labandera, C.; Pastorini, D.; Curbelo, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 51).

51. 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.
52. Garín, D.; Machado, A.; Rinaldi, C. 1993. Performance de novillos holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural con *Lotus corniculatus* en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 59 p.
53. Gianluppi, G.; Gonzales, G.; Evangelista, G.; Da Trindade, J.; Frizzo, A.; Carvalho, P. 2002. Efeito residual da adubacao nitrogenada em um campo nativo. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (19ª., 2002, Corrientes). Trabajos presentados. Corrientes, Gráfica Payubre. p. 217.
54. Gomes, K.; Maraschin, G.; Riboldi, J. 1998. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica da pastagem natural; II Composição florística. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (17ª., 1998, Lages). Trabajos presentados. Lages, s.e. p. 137.
55. _____.; _____.; _____. 2000. Comportamento de espécies de uma pastagem natural em função de níveis de oferta de forragem. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (18ª., 2000, Guarapuava). Trabajos presentados. Guarapuava, s.e. pp. 163-165.
56. _____.; _____.; De Patta Pillar, V. 2002. Efeito da adubação sobre o comportamento das espécies de um campo natural do Rio Grande do Sul. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (19ª., 2002, Corrientes). Trabajos presentados. Corrientes, Gráfica Payubre. pp. 238-239.

57. Gonzales, A.; Queheille, F.; García, A.; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2004. Efecto de la oferta de forraje y fertilización nitrogenada sobre la densidad invernal de macollas por planta de *Stipa setigera* Spreng. en un campo natural del 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 (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 266-267.
58. González, F.; Rodríguez, M. 2006. Efecto de la dosis de fósforo e intensidad de pastoreo sobre la producción de un mejoramiento de campo natural con *Trifolium repens* L. y *Lotus glaber* Mill. en la Unidad de suelos Río Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 102 p.
59. Hanisch, A.; Gilson, I.; Mondardo, M. 2008. Persistência da produção anual de matéria seca de pastagem naturalizada sob cinco níveis de adubação em um Latossolo Bruno Distrófico no Sul do Brasil. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 141-142.
60. 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.
61. Houston, W.; Hyder, D. 1975. Ecological effects and fate of N following massive N fertilization of mixed-grass plains. *Journal of Range Management*. 28 (1): 56-60.
62. Larratea, F.; Soutto, J. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 141 p.
63. Lemaire, G.; Agnusdei, M. 2000. Leaf Tissue Turnover and Efficiency of Herbage Utilization. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; de F. Carvalho, P. C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford, CABI. pp. 265-286.

64. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. Esc. 1:1.000.000.
65. _____. _____. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. t.3, 452 p.
66. Maraschin, G.; Mott, G. 1989. Resposta de uma complexa mistura de pastagem tropical a diferentes sistemas de pastejo. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 24 (2): 221-227.
67. _____. 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.
68. Mason, J.; Miltimore, J. 1969. Yield increases from nitrogen on native range in Southern British Columbia. Journal of Range Management. 22 (2): 128-131.
69. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). 2009. Características climáticas de Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 20 set. 2017. Disponible en <http://meteorologiauruguay.blogspot.com.uy/2009/04/caracteristicas-climaticas-de-uruguay.html>
70. Mezzalira, J.; Brugnara, A.; Centenaro, E.; Sartor, L.; Adami, P.; Fonseca, L. 2006. Campo nativo melhorado com adubação e introdução de leguminosas. *In*: Reunión de Grupo Técnico en Forrajes del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos(21^a., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, s.e. s.p.
71. _____.; de Faccio Carvalho, P.; Kuhn, J.; Bremm, C.; Fonseca, L.; Fonseca, M.; Vizzotto, M. 2012. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. Ciencia Rural (Santa María). 42 (7): 1264-1270.
72. Millot, J.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.

73. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario 2011; resultados definitivos. Montevideo. 142 p.
74. Molfino, J. 2009. Estimación del agua disponible en los grupos CONEAT; metodología empleada. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 21 nov. 2017. Disponible en http://www.cebra.com.uy/renare/wp-content/files_mf/1341437011estimaciondelaguadisponibleenlosgruposconeat.pdf
75. Montossi, F.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Berretta, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos; teoría y práctica. Montevideo, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113).
76. Nabinger, C. 1998. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3ª., 1998, Porto Alegre). Anais. Porto Alegre, ULBRA. pp. 54-107.
77. Oliveira, J.; Moraes, C. 1998. Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca de *Bromus auleticus Trinus*. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (17ª., 1998, Lages). Trabajos presentados. Lages, s.e. p. 94.
78. Olmos, F. 1992. Aportes para el manejo de campo natural; efecto de la carga animal y el período de descanso en la producción y evolución de un campo natural de Caraguatá (Tacuarembó). Montevideo, INIA. 40 p. (Serie Técnica no. 20).
79. _____.; Sosa, M. 2002. Dinámica poblacional de *Lotus corniculatus* L. sembrado en pasturas naturales. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Suren Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (19ª., 2002, Corrientes). Trabajos presentados. Corrientes, Gráfica Payubre. p. 106.
80. _____.; Salvarrey, L.; Sosa, M. 2015. Producción forrajera con *Paspalum dilatatum* y *Lotus corniculatus* en Brunosoles del Noreste. In: Olmos, F.; Sosa, M.; Salvarrey, L.; Cardozo, G.;

Soares de Lima, J.; Giorello, D.; Viñoles, C.; Montossi, F. eds.
Productividad de pasturas estivales en la región Noreste.
Montevideo, INIA. pp. 33-51 (Serie Técnica no. 222).

81. Pallares, O.; Pizzio, R. 1994a. Experiencias de fertilización de pasturas naturales en el Centro-Sur de Corrientes. 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., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 109-118 (Serie Técnica no. 94).
82. _____.; _____. 1994b. 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., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 31-38 (Serie Técnica no. 94).
83. Peirano, M.; Rodríguez, A. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 105 p.
84. Peloche, D. 2012. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la estructura de un campo natural reestablecido de la unidad San Manuel. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 88 p.
85. Perdomo, C.; Barbazán, M. 2012. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 72 p.
86. Peyraud, J.; Astigarraga, L. 1997. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage; consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Science and Technology*. 72: 235-259.
87. Pigurina, G.; Soares de Lima, J.; Berretta, E.; Montossi, F.; Pittaluga, O.; Ferreira, G.; Silva, J. 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).

88. Pirez, L. 2012. Evaluación de la fertilización nitrogenada del campo natural para *Stipa setigera* Presl y *Bromus auleticus* Trinius bajo pastoreo vacuno en el período invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
89. Pizzio, R.; Pallares, O. 1994. Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad. Efecto de la carga animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 133-140 (Serie Técnica no. 94).
90. Ríos, A. 1996. El uso y manejo de los suelos y la evolución florística de los agroecosistemas. In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. pp. 95-100 (Serie Técnica no. 76).
91. Risso, F. 1994. Consideraciones sobre uso del nitrógeno en pasturas. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 63-64 (Serie Técnica no. 51).
92. _____; Berretta, E.; Levratto, J.; Zamit, W. 1998. Intensificación del engorde en la región basáltica; efecto de la fertilización NxP y la carga Animal, sobre la productividad de una pastura natural. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 175-182 (Serie Técnica no. 102).
93. _____; _____; Zarza, A.; Cuadro, R. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engordar de novillos en la región de Cristalino. In: Risso, D.; Montossi, F. eds. Mejoramientos de campo en la región de Cristalino; fertilización, producción de carne de calidad y persistencia productiva. Montevideo, INIA. pp. 3-30 (Serie Técnica no. 129).
94. Reffatti, M.; Mezzaira, C.; Silva, C.; Devincenzi, T.; Schimidt, F.; Adami, P.; de Faccio Carvalho, P. 2008. Produção de forragem em função da manipulação estacional da oferta de forragem em pastagem natural do Sul do Brasil. In: Reunión de Grupo Técnico en

Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (22ª., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 187.

95. Rodríguez Palma, R.; Rodríguez, T.; Andión, J.; Vegnes, P. 2008. Fertilización de campo natural; respuesta en producción de forraje. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (22ª., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 147-148.
96. _____.; _____.; _____.; _____. 2009. Respuesta en producción animal a la fertilización de campo natural. (en línea). In: Seminario Producción Animal; Limpia, Verde y Ética (1º., 2009, Tacuarembó). Trabajos presentados. Agrociencia (Montevideo). 13 (3): 87. Consultado 29 jun. 2017. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/243>
97. _____.; _____. 2010. Fertilización de campo natural: producción animal. (en línea). In: Congreso Asociación Uruguaya de Producción Anual (3º., 2010, Montevideo). Trabajos presentados. Agrociencia (Montevideo). 14 (3): 134. Consultado 29 jun. 2017. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/423/339>
98. _____.; _____. 2017. Fertilización de campo natural: respuesta en producción animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (24ª., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 137-139.
99. Rosengurtt, B. 1943. Estudio sobre praderas naturales del Uruguay; 3ª. contribución. Montevideo, Barreiro y Ramos. 268 p.
100. _____. 1946. Estudio sobre praderas naturales del Uruguay; 5ª. contribución. Montevideo, Rosgal. 473 p.

101. _____. 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.
102. Saldanha, S. 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de Basalto y suelos arenosos de Cretácico. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 75-84 (Serie Técnica no. 151).
103. Soares, A.; de Faccio, P.; Nabinger, C.; Semmelmann, C.; Kuhn, J.; Guerra, E.; de Freitas, T.; Pinto, C.; Fontoura, J.; Frizzo, A. 2005. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciencia Rural* (Santa María). 35 (5): 1148-1154.
104. Teixeira, D.; Pereira, C.; de Faccio Carvalho, P.; Nabinger, C.; Fernandes G.; Queirolo, A.; de Vicenzi, T. 2006. Manipulação da oferta de forragem em pastagem natural: estratégias de composição da produtividade animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (21^a, 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, s.e. s.p.
105. Tothill, J. C. 1978. Measuring botanical composition of grasslands. In: Mannetje, L. ed. Measurements of grassland vegetation and animal production. Hurley, s.e. pp. 22-55.
106. _____.; 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.
107. Zamalvide, J. 1994. Fertilización de pasturas. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 97-107 (Serie Técnica no. 94).
108. 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 Ing. Agr. Montevideo, Uruguay.
Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.

109. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. (en línea). Agrociencia (Montevideo). 15 (1): 115-124. Consultado 2 ago. 2017. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/101>

9. ANEXOS

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

Localidad: Paysandú.

Año: 2016.

Lámina: 86 mm.

Suelo: Brunosol Éútrico Típico.

Fecha	Precip. (mm)	ETP. (mm)	P-ETP. (mm)	Alm. (mm)	varALM. (mm)	ETR. (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
Abr. 15-30	309,0	33,4	275,6	86,0	0,0	33,4	0,0	275,6
May. 1-15	20,6	25,1	-4,6	81,5	-4,5	25,0	0,1	0
May. 16-31	4,5	21,5	-17,0	66,9	-14,6	19,1	2,4	0
Jun. 1-15	8,1	23,3	-15,2	56,1	-10,8	18,9	4,3	0
Jun. 16-30	58,1	19,9	38,1	86,0	29,9	19,9	0	8,2
Jul. 1-15	111,0	15,2	95,7	86,0	0,0	15,2	0	95,7
Jul. 16-31	51,8	24,1	27,7	86,0	0,0	24,1	0	27,7
Ago. 1-15	7,1	33,8	-26,7	63,0	-23,0	30,1	3,7	0
Ago. 16-31	16,5	42,1	-25,6	46,8	-16,2	32,7	9,4	0
Set. 1-15	61,5	34,0	27,5	74,3	27,5	34,0	0	0
Set. 16-30	0,8	57,8	-57,0	38,3	-36,1	36,8	21,0	0
Oct. 1-15	34,3	54,0	-19,7	30,5	-7,8	42,1	11,9	0
Oct. 16-31	51,0	56,3	-5,3	28,6	-1,9	52,9	3,5	0
Nov. 1-15	40,1	74,9	-34,8	19,1	-9,5	49,6	25,3	0
Nov. 16-30	71,8	77,0	-5,1	18,0	-1,1	72,9	4,0	0

Anexo No. 2. Análisis de la varianza para las variables de producción primaria en el período total del experimento 1.

Tratamiento	MSD	AltD	MSProd	TC	MSR	AltR	MSDes	%Des.
p-valor	0,546	0,121	0,128	0,528	0,618	0,076	0,658	0,982
CV.	34,5	30,6	28,5	94,9	28,8	24,0	56,4	27,5
MDS T10%	931	3,7	1624	16,7	490	1,6	561	9,4
\hat{Y}_{CN}	2650	11,3	2323	13,9	1685	6,3	965	35,3
\hat{Y}_{CNm}	2565	10,7	2697	16,1	1662	6,3	903	34,3
\hat{Y}_{60}	2861	13,2	3224	19,2	1797	7,1	1064	35,6
\hat{Y}_{120}	3094	14,1	3890	23,9	1908	7,9	1185	35,8

Anexo No. 3. Análisis de la varianza para las variables de producción primaria en invierno del experimento 1.

Tratamiento	MSD	AltD	MSProd	TC	MSR	AltR	MSDes	%Des.
p-valor	0,274	0,348	0,576	0,575	0,347	0,413	0,260	0,444
CV.	10,6	14,0	42,7	42,7	8,9	14,5	31,0	27,2
MDS T10%	565	3,22	565	10,10	306	1,94	589	18,12
\hat{Y}_{CN}	3088	13,6	736	13,1	1790	6,9	1298	42,1
\hat{Y}_{CNm}	2704	11,3	739	13,2	1732	6,6	971	35,4
\hat{Y}_{60}	2687	11,8	524	9,4	1815	7,0	872	33,5
\hat{Y}_{120}	2843	12,2	816	14,6	1947	7,9	895	30,9

Anexo No. 4. Análisis de la varianza para las variables de producción primaria en invierno-primavera del experimento 1.

Tratamiento	MSD	AltD	MSProd	TC	MSR	AltR	MSDes	%Des.
p-valor	0,889	0,440	0,492	0,493	0,742	0,649	0,429	0,074
CV.	19,5	30,5	49,8	49,9	17,3	25,3	26,1	9,0
MDS T10%	834	6,1	590	10,7	512	2,9	346	5,0
\hat{Y}_{CN}	2162	9,3	438	7,9	1552	5,7	609	27,1 A
\hat{Y}_{CNm}	2167	9,3	598	10,8	1464	5,4	703	32,1 A
\hat{Y}_{60}	2292	11,5	719	19,9	1620	6,3	673	28,8 A
\hat{Y}_{120}	2498	12,5	766	13,9	1668	6,7	830	31,9 A

Anexo No. 5. Análisis de la varianza y contrastes ortogonales para las variables de producción primaria en primavera del experimento 1.

Tratamiento	MSD	AltD	MSProd	TC	MSR	AltR	MSDes	%Des.
p-valor	0,092	0,123	0,046	0,065	0,106	0,101	0,158	0,262
CV.	21,5	28,8	31,7	36,1	11,3	19,1	41,8	19,6
MDS T10%	1318	7,6	1013	20,9	404	2,7	1083	14,9
\hat{Y}_{CN}	2702	11,2	1150 B	20,5 B	1712	6,4	990	36,6
\hat{Y}_{CNm}	2824	11,5	1360 AB	24,3 AB	1788	7,0	1036	35,6
\hat{Y}_{60}	3604	16,1	1984 AB	35,4 AB	1956	8,1	1648	44,6
\hat{Y}_{120}	3941	17,6	2308 A	43,1 A	2110	9,1	1831	44,7

Anexo No. 6. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje disponible en el período total del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Leg.	Hier.	C	SD	MCS	Eh
p-valor	0,026	0,026	0,276	<0,001	0,005	0,036	0,002	0,812	0,585	0,153	0,047	0,003
CV.	69,5	11,3	30,9	55,5	52,6	101,7	183,8	66,1	130,1	39,7	79,3	74,6
MDS_{T10%}	9	9	8	13	9	3	4	5	3	2	2	1
\hat{Y}_{CN}	21 A	80 B	27	11 B	25 A	6 A	1 B	7	2	7	3 AB	1 B
\hat{Y}_{CNm}	15 AB	85 AB	32	15 B	18 AB	3 AB	7 A	8	2	6	5 A	3 A
\hat{Y}_{60}	12 AB	88 AB	25	32 A	16 B	2 B	1 B	8	4	5	2 B	1 B
\hat{Y}_{120}	8 B	92 A	28	38 A	11 B	2 B	0,6 B	9	2	6	3 AB	2 B

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,282	0,040	0,889	<0,001	0,002	0,306	0,506	0,036	0,450	0,884	0,585	0,002	0,658	0,226
CV.	60,8	39,5	95,1	55,5	60,1	70,1	132,0	101,7	154,7	80,4	130,1	277,7	161,4	101,4
MDS_{T10%}	5	6	3	13	7	33	2	3	2	4	3	4	1	2
\hat{Y}_{CN}	6	17 AB	4	11 B	18 A	5	2	6 A	0	5	2	0 B	1	2
\hat{Y}_{CNm}	9	19 A	4	15 B	12 AB	4	2	3 AB	1	4	2	6 A	1	3
\hat{Y}_{60}	10	16 AB	3	32 A	9 B	5	2	2 B	1	5	4	0 B	1	1
\hat{Y}_{120}	9	12 B	3	38 A	7 B	3	1	2 B	2	5	2	0 B	1	3

B.au.: *Bromus auleticus*; S. se.: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; P. no.: *Paspalum notatum*; P. di.: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 7. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje remanente en el período total del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Leg.	Hier.	C	SD	MCS	Eh
p-valor	0,255	0,255	0,845	<0,001	0,001	0,576	0,002	0,809	0,784	0,833	0,037	0,061
CV.	75,9	14,8	36,3	57,1	36,4	65,5	114,6	72,0	90,0	34,8	80,5	107,6
MDS_{T10%}	12	12	9	10	8	3	2,0	5	4	2	2	2
\hat{Y}_{CN}	18	82	24	10 B	31 A	5	1 B	7	4	7	1 B	1 B
\hat{Y}_{CNm}	21	79	24	10 B	25 AB	4	4 A	8	4	6	4 A	3 A
\hat{Y}_{60}	13	87	26	23 A	22 B	3	1 B	7	4	6	2 AB	1 AB
\hat{Y}_{120}	12	88	26	29 A	17 B	4	1 B	6	5	6	3 AB	2 AB

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	<i>P. no.</i>	<i>P. di.</i>	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,233	0,990	0,152	<0,001	0,001	0,384	0,148	0,576	0,395	0,732	0,784	0,001	0,337	0,576
CV.	77,8	45,9	70,7	57,1	37,2	71,8	129,3	65,5	143,0	74,3	90,0	234,4	143,6	124,1
MDS_{T10%}	5	7	2	10	6	3	3	3	1	5	4	1	2	3
\hat{Y}_{CN}	4	15	4	10 B	24 A	4	4	5	1	6	4	0 B	1	3
\hat{Y}_{CNm}	5	16	3	10 B	20 AB	3	1	4	0	8	4	2 A	2	3
\hat{Y}_{60}	6	16	4	23 A	16 BC	4	2	3	1	6	4	0 B	1	1
\hat{Y}_{120}	8	16	2	29 A	12 C	3	2	4	0	6	5	0 B	1	3

B. au.: *Bromus auleticus*; *S. se.*: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; *P. no.*: *Paspalum notatum*; *P. di.*: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 8: Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje disponible en invierno del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,379	0,379	0,847	0,102	0,433	0,268	0,898	0,219	0,002	0,707	0,270	0,117
CV.	34,8	9,6	40,6	86,7	33,5	74,0	83,6	103,5	71,8	33,1	70,5	68,1
MDS T10%	14	14	23	21	14	7	6	6	1	4	6	3
\hat{Y}_{CN}	25	75	28	3	28	8	4	5	0 B	7	5	1
\hat{Y}_{CNm}	25	76	34	8	20	7	4	2	1 B	8	7	4
\hat{Y}_{60}	22	78	27	20	20	3	4	5	0 B	6	2	1
\hat{Y}_{120}	16	84	30	23	21	4	5	1	0 B	8	5	3

Trat.	<i>B. au.</i>	<i>S. se.</i>	GIP	GIA	<i>P. no.</i>	<i>P. di.</i>	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,781	0,470	0,043	0,102	0,334	0,516	0,710	0,270	0,622	0,506	0,219	0,001	0,144	0,911
CV.	67,5	58,0	61,1	82,7	32,9	63,7	165,7	74,0	165,0	58,9	103,5	80,9	169,	156,4
MDS T10%	13,0	18,1	3,4	21,2	9,2	6,5	5,3	7,4	4,1	1,9	5,9	0,6	0,3	2,8
\hat{Y}_{CN}	8	15	5 A	3	18	7	3	8	1	2	5	0 B	0	1
\hat{Y}_{CNm}	10	23	1 B	8	16	3	1	2	0	2	2	1 A	0	1
\hat{Y}_{60}	13	12	1 AB	20	12	6	2	3	2	1	5	0 B	0	1
\hat{Y}_{120}	10	16	4 AB	23	14	6	1	4	2	1	1	0 B	0	1

B. au.: *Bromus auleticus*; *S. se.*: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; *P. no.*: *Paspalum notatum*; *P. di.*: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 9. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje remanente en invierno del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,036	0,036	0,730	0,058	0,149	0,430	0,211	0,624	0,195	0,344	0,052	0,156
CV.	23,7	0,3	33,3	58,7	29,1	61,5	227,0	80,5	10,2	24,2	54,6	71,7
MDS T10%	13	13	16	17	10	4	3	6	6	3	4	4
\hat{Y}_{CN}	34 A	66 B	26	8 B	22	5	0	4	1	9	2 B	1
\hat{Y}_{CNm}	34 A	66 B	22	9 AB	18	2	2	6	6	6	6 A	4
\hat{Y}_{60}	24 AB	76 AB	27	19 AB	21	3	0	3	2	7	3 AB	3
\hat{Y}_{120}	20 B	80 A	28	26 A	13	5	0	3	4	7	5 AB	4

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,368	0,744	0,290	0,058	0,189	0,196	0,776	0,430	0,957	0,638	0,357	0,252	0,436	0,175
CV.	76,1	53,4	5,6	58,7	36,9	50,2	149,4	61,5	89,8	83,1	129,4	252,0	168,3	136,3
MDS T10%	12	14	5	17	10	3	3	4	0	6	3	3	0	4
\hat{Y}_{CN}	4	16	6	8 B	17	4	1	5	0	4	0	0	0	1
\hat{Y}_{CNm}	8	11	3	9 AB	15	2	1	2	0	6	2	2	0	4
\hat{Y}_{60}	8	16	3	19 AB	17	4	0	3	0	3	1	0	0	1
\hat{Y}_{120}	12	13	3	26 A	9	3	1	5	0	3	3	0	0	1

B.au.: *Bromus auleticus*; S. se.: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; P. no.: *Paspalum notatum*; P. di.: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 10. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje disponible en invierno-primavera del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,001	0,001	0,869	0,010	0,047	0,079	0,872	0,715	0,229	0,251	0,124	0,133
CV.	27,1	4,8	27,9	41,3	46,5	55,1	48,4	104,6	236,4	38,6	57,2	74,6
MDS T10%	8	8	14	22	11	3	10	4	10	4	3	3
\hat{Y}_{CN}	25 A	75 C	26	14 B	21 B	4 A	9	1	0	8	2	1
\hat{Y}_{CNm}	18 AB	82 BC	29	18 B	13 AB	2 A	11	2	7	5	4	3
\hat{Y}_{60}	11 BC	89 AB	26	34 AB	12 AB	3 A	10	3	1	5	2	2
\hat{Y}_{120}	7 C	93 A	25	47 A	7 A	2 A	11	2	0	5	2	1

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,541	0,612	0,671	0,001	0,049	0,745	0,940	0,079	0,890	0,815	0,715	0,258	0,368	0,457
CV.	56,6	37,1	83,0	41,3	57,0	103,0	126,1	55,1	109,9	50,7	104,6	307,0	125,9	63,1
MDS T10%	9	10	5	22	10	5	3	3	2	6	4	9	1	4
\hat{Y}_{CN}	5	16	4	14 B	17 A	3	1	4	1	5	1	0	0	3
\hat{Y}_{CNm}	9	17	3	18 B	8 AB	3	1	2	1	6	2	6	1	5
\hat{Y}_{60}	10	14	2	34 AB	9 AB	3	1	3	1	7	3	0	1	4
\hat{Y}_{120}	9	13	3	47 A	4 B	2	1	1	1	7	2	0	0	2

B.au.: *Bromus auleticus*; *S. se.*: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; *P. no.*: *Paspalum notatum*; *P. di.*: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 11. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje remanente en invierno-primavera del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,005	0,005	0,633	0,152	0,084	0,458	0,470	0,931	0,581	0,995	0,486	0,411
CV.	36,7	6,3	35,3	74,7	40,3	31,7	148,6	64,5	80,3	29,0	83,4	100,7
MDS T10%	10	10	15	26	19	2	4	11	9	4	3	3
\hat{Y}_{CN}	15 B	85 A	19	10	37 A	4	1	9	5	7	1	0
\hat{Y}_{CNm}	26 A	74 B	22	9	24 AB	3	3	10	4	7	3	2
\hat{Y}_{60}	9 B	91 A	25	26	20 AB	3	1	8	7	7	2	1
\hat{Y}_{120}	8 B	92 A	26	28	18 B	4	0	8	8	7	2	2

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,240	0,429	0,471	0,152	0,102	0,044	0,186	0,458	0,444	0,918	0,499	0,162	0,583	0,738
CV.	58,7	40,3	63,5	74,7	41,5	57,9	114,9	31,7	127,0	70,9	133,9	207,3	146,2	111,9
MDS T10%	6	11	4	26	14	4	6	2	1	11	6	1	3	7
\hat{Y}_{CN}	4	10	5	10	27	5 AB	6	4	1	8	1	0	1	3
\hat{Y}_{CNm}	0	16	3	9	21	2 AB	1	3	0	10	1	1	2	2
\hat{Y}_{60}	8	14	4	26	14	5 A	1	3	1	7	5	0	1	2
\hat{Y}_{120}	7	16	2	28	13	1 A	3	4	0	8	3	0	0	5

B.au.: *Bromus auleticus*; S. se.: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; P. no.: *Paspalum notatum*; P. di.: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 12. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje disponible en primavera del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,027	0,027	0,210	0,006	< 0,0001	0,097	0,911	0,421	0,030	0,127	0,025	0,159
CV.	82,3	4,6	24,5	34,4	17,4	14,0	53,6	118,9	109,7	32,0	35,4	54,1
MDS T10%	8	8	13	20	6	6	10	5	10	3	1	1
\hat{Y}_{CN}	12 A	88 B	26	17 B	27 A	6 A	9	1	3 B	7	2 A	1
\hat{Y}_{CNm}	4 B	96 A	33	18 B	20 B	1 A	9	2	13 A	5	3 A	2
\hat{Y}_{60}	3 B	97 A	22	44 A	15 B	2 A	10	3	2 B	4	1 B	1
\hat{Y}_{120}	2 B	98 A	30	44 A	6 C	1 A	11	4	2 B	5	1 B	1

Trat.	<i>B. au.</i>	<i>S. se.</i>	GIP	GIA	<i>P. no.</i>	<i>P. di.</i>	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,472	0,128	0,503	0,001	<0,001	0,038	0,196	0,097	0,251	0,499	0,421	0,078	0,643	0,302
CV.	56,6	31,9	84,9	34,4	33,6	33,6	96,7	114,0	135,3	57,0	118,9	219,1	7,5	102,7
MDS T10%	8	10	7	20	6	3	3	5	3	7	5	11	4	4
\hat{Y}_{CN}	5	18	3	17 B	19 A	6 A	1	6	0	7	1	0	3	2
\hat{Y}_{CNm}	8	18	7	18 B	12 B	5 AB	3	1	3	4	2	11	3	2
\hat{Y}_{60}	7	10	5	44 B	7 BC	7 A	1	1	1	8	3	0	2	1
\hat{Y}_{120}	10	18	3	44 B	3 C	3 B	0	1	2	13	4	0	1	4

B.au.: *Bromus auleticus*; *S. se.*: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; *P. no.*: *Paspalum notatum*; *P. di.*: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 13. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje remanente en primavera del experimento 1.

Tratamiento	RS	MV	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,680	0,680	0,983	0,109	0,048	0,263	0,924	0,729	<0,001	0,695	0,471	0,320
CV.	82,0	5,3	34,4	59,7	26,7	56,3	54,2	72,6	29,4	45,1	97,0	159,6
MDS T10%	9	9	17	22	14	5	8	6	2	4	3	3
\hat{Y}_{CN}	6	94	26	11	35 A	6	8	6	3 B	5	2	1
\hat{Y}_{CNm}	4	96	28	12	32 AB	6	8	3	7 A	6	3	2
\hat{Y}_{60}	6	94	26	24	24 AB	3	9	5	3 B	5	2	0
\hat{Y}_{120}	8	92	25	32	19 B	3	7	5	1 B	4	1	1

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,991	0,954	0,484	0,109	0,031	0,877	0,262	0,263	0,475	0,916	0,256	0,082	0,318	0,518
CV.	82,2	40,5	74,6	59,7	28,8	61,3	107,8	56,3	100,3	56,9	73,0	227,1	6,2	107,0
MDS T10%	7	14	4	22	11	5	5	5	1	8	3	4	3	5
\hat{Y}_{CN}	4	19	3	11	27 A	4	4	6	1	7	2	0	3	4
\hat{Y}_{CNm}	5	21	2	12	25 A	5	2	6	0	8	1	3	4	2
\hat{Y}_{60}	4	18	4	24	16 AB	4	4	3	1	8	3	0	3	1
\hat{Y}_{120}	4	19	2	32	14 B	5	0	3	1	6	1	0	1	3

B.au.: *Bromus auleticus*; S. se.: *Stipa setigera*; GIP.: otras gramíneas invernales perennes; GIA.: gramíneas invernales anuales; P. no.: *Paspalum notatum*; P. di.: *Paspalum dilatatum*; GEFT.: otras gramíneas estivales finas y tiernas; GEOD.: gramíneas estivales ordinarias y duras; HM.: hierbas menores; HE.: hierbas enanas; C.: cardos; LS.: leguminosas sembradas; LO.: otras leguminosas; CJ.: ciperáceas y juncáceas.

Anexo No. 14. Análisis de la varianza para las variables de producción secundaria del experimento 1.

Tratamiento	TOTAL PERÍODO				INVIERNO			
	OF	CI	CM	GMD	OF	CI	CM	GMD
p-valor	0,195	0,000	0,000	0,003	0,023	0,001	<0,001	0,274
Covariable				0,001				0,025
CV.	26,0	22,8	21,7	10,3	16,3	7,6	2,2	67,3
MDS_{T10%}	2,0	576	137	0,133	2,61	322,7	23,7	0,246
\hat{Y}_{CN}	9,0	2142 B	534 B	0,350 B	10,8 A	1996 B	497 C	-0,230
\hat{Y}_{CNm}	8,0	2320 B	575 B	0,570 A	8,4 AB	2237 B	552 B	-0,270
\hat{Y}_{60}	7,3	2897 A	723 A	0,520 A	7,2 B	2626 A	657 A	-0,160
\hat{Y}_{120}	7,4	3147 A	785 A	0,620 A	7,7 B	2576 A	644 A	-0,070

Tratamiento	INVIERNO-PRIMAVERA				PRIMAVERA			
	OF	CI	CM	GMD	OF	CI	CM	GMD
p-valor	0,856	0,003	<0,001	0,037	0,169	0,015	0,011	0,001
Covariable				0,067				0,050
CV.	18,9	9,8	6,2	30,5	8,8	23,7	22,6	8,5
MDS_{T10%}	2,5	432,4	67,9	0,332	1,3	1326,8	314,9	0,222
\hat{Y}_{CN}	7,6	2024 C	505 C	0,380 B	8,5	2405 B	600 B	0,930 B
\hat{Y}_{CNm}	7,1	2373 BC	586 B	0,610 AB	8,6	2350 B	687 B	1,400 A
\hat{Y}_{60}	7,1	2457 AB	614 B	0,620 AB	7,8	3610 AB	899 AB	1,330 A
\hat{Y}_{120}	6,8	2851 A	712 A	0,810 A	7,6	4014 A	999 A	1,290 A

Anexo No. 15. Cuadro de análisis de la varianza para las variables de producción primaria en el período total del experimento 2.

Tratamiento	AltD	MSD	AltR	MSR	MSDes	%Des.	TC
p-valor	0,683	0,757	0,236	0,742	0,842	0,976	0,791
CV.	28,5	33,8	21,0	25,4	60,4	28,7	89,9
N. vs. V.	0,0003	0,079	0,085	0,213	0,069	0,078	0,336
120 vs. 60	0,391	0,473	0,092	0,451	0,578	0,844	0,500
MDS_{T10%}	3,5	976	1,6	471	622	10,1	23,2
\hat{Y}_{60N}	13,2	2861	7,1	1797	1064	35,6	19,2
\hat{Y}_{120N}	14,7	3094	7,9	1908	1185	35,8	23,9
\hat{Y}_{60}	9,0	2356	6,2	1623	733	29,7	25,9
\hat{Y}_{120}	9,9	2545	7,1	1725	819	30,7	30,7

Anexo No. 16. Análisis de la varianza para las variables de producción primaria en invierno-primavera del experimento 2.

Tratamiento	AltD	MSD	AltR	MSR	MSDes	%Des.	TC
p-valor	0,552	0,573	0,261	0,636	0,239	0,165	0,914
CV.	16,1	15,7	16,9	16,0	17,6	7,2	79,2
N. vs. V.	0,006	0,206	0,783	0,401	0,059	0,096	0,154
120 vs. 60	0,290	0,307	0,155	0,417	0,194	0,330	0,728
MDS_{T10%}	3,22	682	2,1	488	237	4,1	29,6
\hat{Y}_{60N}	11,5	2292	6,3	1620	673	28,8	12,9
\hat{Y}_{120N}	12,5	2498	6,7	1668	830	31,9	13,9
\hat{Y}_{60}	8,4	2058	6,0	1446	612	28,8	23,3
\hat{Y}_{120}	9,3	2241	7,3	1616	626	27,9	27,8

Anexo No. 17. Análisis de la varianza para las variables de producción primaria en primavera del experimento 2.

Tratamiento	AltD	MSD	AltR	MSR	MSDes	%Des.	TC
p-valor	0,600	0,695	0,197	0,297	0,843	0,933	0,874
CV.	21,9	22,5	12,2	7,7	50,7	33,7	71,8
N. vs. V.	0,001	0,027	0,003	0,045	0,041	0,066	0,719
120 vs. 60	0,327	0,408	0,081	0,141	0,572	0,790	0,617
MDS_{T10%}	5,5	1413	0,9	288	1294	24,4	50,6
\hat{Y}_{60N}	16,1	3604	8,1	1956	1648	44,6	35,4
\hat{Y}_{120N}	17,6	3941	9,1	2110	1831	44,7	43,1
\hat{Y}_{60}	8,9	2707	6,2	1803	813	32,1	34,6
\hat{Y}_{120}	10,3	2980	6,8	1870	1028	35,3	40,3

Anexo No. 18. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje disponible en el total del período del experimento 2.

Tratamiento	MV	RS	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,270	0,335	0,048	0,005	0,116	0,157	0,603	0,308	0,760	0,675	0,076	0,573
CV.	7,9	98,0	27,0	28,9	66,0	95,9	38,3	101,2	72,5	47,3	79,4	93,9
N. vs. V.	0,007	0,015	0,004	0,003	0,945	0,048	0,227	0,294	<0,0001	0,119	0,014	<0,001
120 vs. 60	0,110	0,150	0,388	0,002	0,040	0,108	0,567	0,566	0,910	0,962	0,495	0,841
MDS_{T10%}	7,6	7,8	6,8	12,1	9,4	1,9	3,7	2,6	1,2	2,4	1,6	1,3
\hat{Y}_{60N}	88,1	11,9	25,0 A	32,4 B	15,7	2,4	7,8	3,6	0,9	5,1	1,8 AB	1,8
\hat{Y}_{120N}	91,6	8,3	28,4 A	38,1 B	11,1	2,2	9,2	2,1	0,6	5,7	3,1 A	2,1
\hat{Y}_{60}	94,4	5,8	23,8 A	37,7 B	16,9	2,0	9,9	1,7	2,5	4,6	1,5 AB	0,6
\hat{Y}_{120}	98,3	2,5	16,9 B	55,8 A	9,6	0,4	9,8	2,3	2,7	3,9	0,9 B	0,2

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,747	0,035	0,379	0,005	0,195	0,255	0,261	0,157	0,767	0,768	0,308	0,234	0,663	0,011
CV.	56,4	35,1	94,8	28,9	78,8	69,3	176,1	95,9	145,0	50,3	101,2	301,1	87,5	102,4
N. vs. V.	0,288	0,015	0,174	0,003	0,448	0,109	0,249	0,048	0,389	0,004	0,294	0,129	<0,001	0,018
120 vs. 60	0,471	0,946	0,392	0,002	0,084	0,105	0,108	0,108	0,476	0,998	0,566	0,114	0,420	0,647
MDS_{T10%}	5	5	3	12	6	4	2	2	2	3	3	1	1	2
\hat{Y}_{60N}	10	12 AB	3	32 B	9	5	2	2	1	5	4	0	1	1 B
\hat{Y}_{120N}	10	16 A	3	38 B	7	3	1	2	2	5	2	0	0	3 A
\hat{Y}_{60}	9	12 AB	3	38 B	9	7	1	2	1	8	2	0	2	2 AB
\hat{Y}_{120}	7	9 B	1	56 A	4	5	0	0	1	8	2	1	2	0 B

Anexo No. 19. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje remanente en total del período del experimento 2

Tratamiento	MV	RS	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,911	0,899	0,725	0,021	0,075	0,728	0,861	0,722	0,743	0,492	0,599	0,750
CV.	8,9	84,6	33,8	31,4	44,3	69,5	59,6	86,5	99,2	35,6	92,4	138,7
N. vs. V.	0,004	0,004	0,003	<0,001	0,733	<0,001	0,193	0,133	0,002	0,088	0,050	0,008
120 vs. 60	0,669	0,647	0,587	0,007	0,024	0,931	0,668	0,470	0,501	0,789	0,932	0,960
MDS_{T10%}	8	8	8	11	9	2	6	2	2	2	2	2
\hat{Y}_{60N}	87	13	26	23 C	22	3	8	3	1	6	2	2
\hat{Y}_{120N}	88	12	26	29 BC	17	4	9	2	1	6	3	2
\hat{Y}_{60}	94	6	20	35 B	22	1	11	2	3	5	2	1
\hat{Y}_{120}	96	4	17	47 A	15	1	11	2	3	5	1	0

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,572	0,774	0,236	0,021	0,111	0,151	0,816	0,728	0,467	0,810	0,722	0,255	0,582	0,170
CV.	63,0	42,7	78,2	31,4	45,4	69,7	164,2	69,5	122,3	55,1	86,5	375,4	112,0	134
N. vs. V.	0,152	0,031	0,014	<0,001	0,087	0,007	0,094	<0,001	0,320	0,010	0,133	0,778	0,003	0,081
120 vs. 60	0,832	0,600	0,307	0,007	0,041	0,066	0,681	0,931	0,326	0,630	0,470	0,101	0,319	0,594
MDS_{T10%}	4	6	2	11	6	4	2	2	1	4	2	0	2	2
\hat{Y}_{60N}	6	16	4	23 C	16	4	2	3	1	6	3	0	1	1
\hat{Y}_{120N}	8	16	2	29 BC	12	3	2	4	0	6	2	0	1	3
\hat{Y}_{60}	6	13	1	35 B	12	9	1	1	1	9	2	0	3	1
\hat{Y}_{120}	5	11	2	47 A	9	5	0	1	1	10	2	0	3	1

Anexo No. 20. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje disponible en invierno-primavera del experimento 2.

Tratamiento	MV	RS	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,170	0,403	0,550	0,051	0,025	0,110	0,314	0,475	0,553	0,856	0,932	0,545
CV.	5,1	76,5	11,4	18,1	36,0	74,7	10,8	57,5	74,1	46,5	41,3	72,6
N. vs. V.	0,113	0,320	0,006	0,053	0,865	0,047	0,038	0,799	0,007	0,648	0,097	0,014
120 vs. 60	0,072	0,192	0,926	0,018	0,009	0,044	0,308	0,474	0,291	0,590	0,974	0,303
MDS_{T10%}	9	11	5	16	6	2	2	2	2	4	1	1
\hat{Y}_{60N}	89	11	26	34 B	12	3	10	3	1	5	2	2
\hat{Y}_{120N}	93	7	25	47 AB	7	1	11	2	0	5	2	1
\hat{Y}_{60}	92	8	20	44 AB	12	1	9	2	3	5	2	1
\hat{Y}_{120}	98	4	21	55 A	6	0	9	2	2	4	1	0

Tratamiento	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,953	0,747	0,881	0,051	0,097	0,262	0,805	0,110	0,893	0,562	0,475	0,169	0,155	0,079
CV.	49,3	22,5	102,64	18,1	61,37	58,49	68,76	74,7	101,0	21,6	57,5	208,1	93,5	53,6
N. vs. V.	0,972	0,018	0,357	0,053	0,351	0,061	0,059	0,047	0,664	0,659	0,799	0,140	0,032	0,006
120 vs. 60	0,797	0,999	0,634	0,018	0,036	0,129	0,915	0,044	0,697	0,436	0,474	0,173	0,079	0,745
MDS_{T10%}	9	5	4	16	6	3	1	2	2	3	2	1	2	2
\hat{Y}_{60N}	10	14	2	34 B	9	3	1	3	1	7	3	0	1	2 AB
\hat{Y}_{120N}	9	13	3	47 AB	4	2	1	1	1	7	2	0	0	4 A
\hat{Y}_{60}	10	9	1	44 AB	7	5	0	1	1	7	2	0	3	2 B
\hat{Y}_{120}	10	10	2	55 A	3	3	0	0	1	8	2	1	1	0 B

Anexo No. 21. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje remanente en invierno-primavera del experimento 2.

Tratamiento	MV	RS	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,936	0,896	0,737	0,594	0,353	0,367	0,376	0,634	0,635	0,678	0,880	0,845
CV.	3,3	49,5	22,5	20,5	27,0	49,9	28,2	86,9	77,2	30,2	90,5	127,8
N. vs. V.	0,013	0,012	0,029	0,001	0,021	0,001	0,954	0,114	0,052	0,062	0,710	0,130
120 vs. 60	0,745	0,689	0,499	0,376	0,167	0,438	0,717	0,437	0,393	0,587	0,774	0,783
MDS_{T10%}	6	6	9	15	8	2	6	5	2	3	3	3
\hat{Y}_{60N}	91	9	25	26	20	3	10	5	1	7	2	1
\hat{Y}_{120N}	92	8	26	28	18	4	13	3	0	7	2	2
\hat{Y}_{60}	96	4	17	46	15	1	13	2	2	4	2	1
\hat{Y}_{120}	96	4	21	51	11	0	11	2	2	6	1	0

Trat.	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,995	0,741	0,349	0,594	0,720	0,124	0,148	0,367	0,247	0,854	0,634	0,461	0,381	0,306
CV.	29,6	42,7	68,6	20,5	34,6	57,2	127,4	49,9	94,6	32,8	86,9	348,4	108,1	111,2
N. vs. V.	0,012	0,834	0,093	0,001	0,004	0,106	0,098	0,001	0,367	0,130	0,114	0,550	0,158	0,066
120 vs. 60	0,689	0,921	0,456	0,376	0,433	0,056	0,256	0,438	0,172	0,774	0,437	0,284	0,178	0,642
MDS_{T10%}	4	10	3	15	7	5	3	2	1	6	5	1	2	5
\hat{Y}_{60N}	8	14	4	26	14	5	1	3	1	7	5	0	1	2
\hat{Y}_{120N}	7	16	2	28	13	1	3	4	0	8	3	0	0	5
\hat{Y}_{60}	7	9	1	46	7	7	1	1	1	10	2	0	2	2
\hat{Y}_{120}	7	11	2	51	6	5	0	0	1	10	2	1	1	0

Anexo No. 22. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje disponible en primavera del experimento 2.

Tratamiento	MV	RS	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,568	0,568	0,010	0,001	0,069	0,150	0,573	0,698	0,284	0,776	0,156	0,240
CV.	1,6	77,7	24,3	13,1	45,3	103,0	21,5	69,0	46,8	41,8	55,9	92,9
N. vs. V.	0,320	0,320	0,052	0,703	0,042	0,654	0,774	0,152	0,028	0,274	0,315	0,023
120 vs. 60	0,378	0,378	0,284	0,002	0,025	0,138	0,710	0,411	0,308	0,811	0,154	0,120
MDS_{T10%}	3	3	11	11	13	3	4	3	2	3	1	2
\hat{Y}_{60N}	97	3	22 AB	44 B	15 AB	1	10	3	2	4	1	2
\hat{Y}_{120N}	98	2	31 A	44 AB	6 B	1	11	4	1	5	1	1
\hat{Y}_{60}	98	2	27 A	31 C	23 A	3	11	2	2	4	2	1
\hat{Y}_{120}	99	1	13 B	55 A	14 AB	1	10	2	4	3	1	0

Tratamiento	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,337	0,057	0,100	0,001	0,113	0,271	0,138	0,150	0,504	0,082	0,698	0,372	0,216	0,079
CV.	72,3	37,3	75,3	13,1	50,8	59,2	139,6	103,0	174,3	16,5	69,0	273,9	48,6	113,2
N. vs. V.	0,264	0,401	0,331	0,703	0,038	0,101	0,898	0,654	0,580	0,009	0,152	0,745	0,025	0,155
120 vs. 60	0,647	0,657	0,042	0,002	0,043	0,125	0,057	0,138	0,257	0,060	0,411	0,745	0,339	0,419
MDS_{T10%}	9	9	5	11	7	7	3	3	4	3	3	0	2	3
\hat{Y}_{60N}	7	10	5	43 B	7	7	2	1	1	8 AB	3	0	2	1 AB
\hat{Y}_{120N}	10	18	3	44 AB	3	3	0	1	2	6 B	4	0	1	4 A
\hat{Y}_{60}	8	15	5	31 C	12	10	2	3	0	9 A	2	0	2	2 AB
\hat{Y}_{120}	3	9	1	55 A	7	7	0	1	1	9 A	2	0	4	0 B

Anexo No. 23. Análisis de la varianza para las variables de composición botánica del forraje remanente en primavera del experimento 2.

Tratamiento	MV	RS	GIP	GIA	GEFT	GEOD	Hier.	C	Leg.	SD	MCS	Eh
p-valor	0,813	0,832	0,594	0,100	0,221	0,889	0,960	0,108	0,617	0,579	0,219	0,488
CV.	5,8	89,6	34,8	30,0	36,2	32,8	42,9	50,4	58,6	45,1	67,6	184,4
N. vs. V.	0,385	0,377	0,086	0,288	0,311	0,001	0,920	0,336	0,024	0,897	0,360	0,280
120 vs. 60	0,533	0,557	0,431	0,042	0,117	0,793	0,903	0,064	0,461	0,752	0,102	0,264
MDS_{T10%}	10	10	15	17	16	1	9	2	4	4	2	2
\hat{Y}_{60N}	94	6	26	24	24	3	11	3	3	5	2	1
\hat{Y}_{120N}	92	8	25	32	19	3	10	1	1	4	1	1
\hat{Y}_{60}	96	4	21	26	31	1	10	2	5	4	1	1
\hat{Y}_{120}	94	6	15	40	21	1	11	2	5	5	1	0

Tratamiento	B. au.	S. se.	GIP	GIA	P. no.	P. di.	GEFT	GEOD	HM	HE	C	LS	LO	CJ
p-valor	0,553	0,772	0,224	0,100	0,286	0,372	0,075	0,889	0,892	0,600	0,108	0,482	0,617	0,159
CV.	64,7	44,6	72,5	30,0	32,8	59,9	133,1	32,8	127,6	39,9	50,4	447,2	58,7	77,0
N. vs. V.	0,439	0,236	0,049	0,288	0,796	0,033	0,132	0,001	0,744	0,301	0,336	0,397	0,025	0,063
120 vs. 60	0,618	0,731	0,169	0,042	0,145	0,520	0,042	0,793	0,777	0,970	0,064	0,397	0,468	0,557
MDS_{T10%}	5	13	3	17	10	8	3	1	2	6	2	0	4	2
\hat{Y}_{60N}	4	18	4	24	16	4	4 A	3	1	8	3	0	3	1
\hat{Y}_{120N}	4	19	2	32	14	5	1 AB	3	1	6	1	0	1	3
\hat{Y}_{60}	4	15	2	26	19	12	1 AB	1	1	8	2	0	5	1
\hat{Y}_{120}	2	12	1	40	13	8	0 B	1	1	10	2	0	5	1

Anexo No. 24. Análisis de la varianza para las variables de producción secundaria del experimento 2.

Tratamiento	TOTAL PERÍODO				INVIERNO-PRIMAVERA				PRIMAVERA			
	OF	CI	CM	GMD	OF	CI	CM	GMD	OF	CI	CM	GMD
p-valor	0,904	0,004	<0,001	0,590	0,934	<0,001	<0,001	0,071	0,855	0,038	0,022	0,406
Covariable	-	-	-	0,550	-	-	-	0,111	-	-	-	0,666
CV.	22,7	24,6	19,4	15,12	18,6	8,2	4	15,3	9	24	16,2	18,5
N. vs. V.	0,493	0,001	<0,001	0,478	0,401	<0,001	<0,001	0,112	0,375	0,006	0,004	0,448
120 vs. 60	0,834	0,957	0,521	0,624	0,938	0,473	0,277	0,028	0,762	0,811	0,887	0,239
MDS_{T10%}	1,7	692,3	184,3	0,615	2,4	347,4	60,1	0,337	1,2	1382,6	324,1	0,646
\hat{Y}_{60N}	6,9	2897 AB	723 B	0,630	6,6	2457 B	614 D	0,450 B	7	3610 AB	899 B	1,12
\hat{Y}_{120N}	7	3147 A	785 B	0,750	6,3	2851 A	712 C	0,670 B	7	4014 A	999 B	1,09
\hat{Y}_{60}	7,5	2388 BC	1187 A	1,510	6,9	2168 BC	1082 A	1,020 A	7,5	2663 AB	1328 A	2,18
\hat{Y}_{120}	7,2	2115 C	1054 A	1,540	7,1	1916 C	946 B	1,290 A	7,1	2446 B	1202 AB	1,78

Anexo No. 25. Registros de balanza de peso animal de los distintos tratamientos.

Trat.	PI Inv.	PF Inv.	GMD Inv.	PF Inv.- Pri.	GMD Inv.- Pri.	PF Prim.	GMD Prim.	GMD Total
CN	310	285	-0,455	300	0,282	352	0,929	0,251
CN	253	238	-0,268	254	0,282	304	0,902	0,305
CN	245	232	-0,232	252	0,355	304	0,938	0,353
CN	228	226	-0,045	248	0,400	302	0,964	0,443
CN	243	230	-0,241	260	0,555			
CN	213	209	-0,071					
Prom.			-0,219		0,375		0,933	0,338
CNm	244	235	-0,161	257	0,400	340	1,482	0,575
CNm	245	229	-0,295	274	0,818	350	1,366	0,629
CNm	366	337	-0,518	348	0,200	410	1,107	0,263
CNm	253	248	-0,098	269	0,391			
CNm	324	291	-0,589	335	0,800			
CNm	230	218	-0,223					
Prom.			-0,314		0,522		1,318	0,489
60 N	207	199	-0,143	245	0,836	314	1,232	0,641
60 N	214	199	-0,268	235	0,655	318	1,482	0,623
60 N	300	302	0,027					
60 N				250	0,745			
60 N						340	1,438	
Prom.			-0,128		0,745		1,384	0,632
120 N	213	217	0,062	273	1,027	346	1,304	0,796
120 N	213	209	-0,080	258	0,891	324	1,188	0,665
120 N	277	274	-0,063	306	0,591			
120 N						330	1,438	
Prom.			-0,027		0,836		1,310	0,731
60		359		389	0,545	478	1,589	0,960
60		379		418	0,709	526	1,929	1,232
60		348						
60						534	2,268	
Prom.					0,627		1,929	1,096
120		329		385	1,018	496	1,982	1,424
120		363		416	0,964	488	1,286	1,104
120		373						
120						472	1,375	
Prom.					0,991		1,548	1,264