

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**PRODUCTIVIDAD PRIMAVERO ESTIVAL DE CAMPO NATURAL,
CAMPO NATURAL MEJORADO CON LEGUMINOSAS Y FÓSFORO O
FERTILIZADO CON NITRÓGENO Y FÓSFORO**

por

Lucas FERNÁNDEZ FERRO

Mauro FRATTINI FRADE

Nicolás URCHOEGUIA FERNÁNDEZ

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. (PhD) Pablo Boggiano

Ing. Agr. (MSc) Felipe Casalás

Ing. Agr. (MSc) Nicolás Caram

Fecha: **22 de julio de 2022**

Autor: -----

Lucas Fernández Ferro

Mauro Frattini Frade

Nicolás Urchoegua Fernández

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República por todos los conocimientos brindados en los años de la carrera.

A los Ingenieros Agrónomos Pablo Boggiano, Felipe Casalás y Nicolás Caram y a la Zootecnista Gabriela Machado por la orientación y apoyo durante la realización de nuestra tesis de grado.

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.

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

A nuestra familia, por el apoyo incondicional que nos han dado durante toda la carrera.

A nuestros amigos y compañeros por el apoyo y los buenos momentos compartidos.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	IX
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS GENERALES	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO NATURAL	3
2.2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA	3
2.2.1. <u>En la producción primaria</u>	4
2.2.2. <u>En la composición botánica</u>	5
2.2.3. <u>En la calidad del forraje</u>	8
2.2.4. <u>Efecto año</u>	8
2.2.5. <u>En la producción secundaria</u>	9
2.3. EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSA	10
2.3.1. <u>En la producción primaria</u>	11
2.3.2. <u>En la composición botánica</u>	14
2.3.3. <u>En la calidad del forraje producido</u>	14
2.3.4. <u>En la producción secundaria</u>	16
2.4. EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO	18
2.4.1. <u>En la producción primaria</u>	19
2.4.2. <u>En la composición botánica</u>	20
2.4.3. <u>En la producción secundaria</u>	22

2.5. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO	23
2.5.1. <u>Factores abióticos</u>	23
2.5.2. <u>Factores bióticos</u>	24
2.5.2.1. Selectividad animal	24
2.5.2.2. Cantidad, calidad y composición del forraje.....	25
2.5.3. <u>Factores inherentes al animal</u>	26
2.5.4. <u>Limitantes en el consumo</u>	27
2.5.4.1. Factores no-nutricionales	28
2.5.4.2. Factores nutricionales	29
2.6. HIPÓTESIS BIOLÓGICA	31
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	32
3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES	32
3.1.1. <u>Localización del sitio experimental y período de evaluación</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 potrero	34
3.1.3. <u>Descripción de los tratamientos</u>	34
3.1.4. <u>Animales experimentales</u>	35
3.1.5. <u>Diseño experimental</u>	35
3.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	36
3.2.1. <u>Manejo del pastoreo</u>	36
3.2.2. <u>Determinación de la producción primaria</u>	37

3.2.2.1. Materia seca presente	37
3.2.2.2. Materia seca producida	38
3.2.2.3. Tasa de crecimiento diaria	39
3.2.2.4. Materia seca disponible	39
3.2.2.5. Materia seca remanente	39
3.2.2.6. Altura de forraje disponible y remanente	39
3.2.2.7. Materia seca desaparecida	39
3.2.3. <u>Determinación de composición botánica</u>	39
3.2.4. <u>Determinación de la producción secundaria</u>	40
3.2.4.1. Peso vivo	40
3.2.4.2. Carga	40
3.2.4.3. Ganancia media diaria	40
3.2.4.4. Ganancia por hectárea	40
3.2.4.5. Oferta de forraje	41
3.3. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	41
3.3.1 <u>Experimento 1</u>	41
3.3.2 <u>Experimento 2</u>	42
3.4. MODELO ESTADÍSTICO	43
3.4.1. <u>Producción primaria y características de la pastura</u> ..	43
3.4.1.1. Experimento 1	43
3.4.1.2. Experimento 2	44
3.4.2. <u>Producción secundaria</u>	45
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIONES</u>	46
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	46

4.1.1. <u>Temperatura y precipitaciones</u>	46
4.1.2. <u>Balance hídrico</u>	47
4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1	48
4.2.1. <u>Producción primaria y características de la pastura</u> ..	48
4.2.1.1. Total del período	50
4.2.1.2. Primavera	53
4.2.1.3. Primavera-verano	55
4.2.1.4. Verano	57
4.2.2. <u>Composición botánica</u>	59
4.2.2.1. Total del período	64
4.2.2.2. Primavera	69
4.2.2.3. Primavera-verano	73
4.2.2.4. Verano	77
4.2.3. <u>Producción secundaria</u>	80
4.2.3.1. Total del período	84
4.2.3.2. Primavera	86
4.2.3.3. Primavera-verano	87
4.2.3.4. Verano	88
4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2	88
4.3.1. <u>Producción primaria y características de la pastura</u> ..	88
4.3.1.1. Efecto interacción historia por dosis	90
4.3.1.2. Efecto del tratamiento dosis	91
4.3.1.3. Efecto tratamiento historia	92
4.3.1.4. Efecto período	93

4.3.2. <u>Composición botánica</u>	95
4.3.2.1. Efecto interacción historia por dosis	97
4.3.2.2. Efecto interacción historia por período	99
4.3.2.3. Efecto del tratamiento dosis	103
4.3.2.4. Efecto tratamiento historia	105
4.3.2.5. Efecto período	107
4.3.3. <u>Producción secundaria</u>	110
4.3.3.1. Efecto interacción historia por dosis	111
4.3.3.2. Efecto interacción historia por período	112
4.3.3.3. Efecto del tratamiento dosis	114
4.3.3.4. Efecto tratamiento historia	115
4.3.3.5. Efecto período	116
5. <u>CONCLUSIONES</u>	118
6. <u>RESUMEN</u>	119
7. <u>SUMMARY</u>	121
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	123

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción estacional y anual de forraje (kg/MS/ha/año) para un campo natural representativo de la zona del Cristalino y dos mejoramientos de campo en la misma zona	12
2. Tasa de crecimiento diario (CD en kg MS/ha/día) promedio de tres años para el mejoramiento (CNM) y promedio de 15 años para campo natural (CN)	13
3. Evolución estacional del contenido de PC (%) de un campo natural mejorado en la región del Cristalino	16
4. Ganancia diaria (kg/animal/día) estacional y total del ciclo, en novillos con distintos manejo del pastoreo y carga sobre un mejoramiento de campo natural con <i>Trifolium repens</i> y <i>Lotus corniculatus</i> (promedio de 5 años)	17
5. Productividad (kg PV/ha/año) de un mejoramiento de campo natural con <i>Trifolium repens</i> y <i>Lotus corniculatus</i> bajo distintos manejos de pastoreo y cargas (promedio de 5 años)	18
6. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos evaluados y los tres contrastes sobre las variables de producción primaria y características de la pastura para el total del período de evaluación para el experimento 1	49
7. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período en el experimento 1	50
8. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el total del período en el experimento 1	52
9. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el período primavera en el experimento 1	53

10.	Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el período primavera en el experimento 1	54
11.	Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el período primavera-verano en el experimento 1	55
12.	Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el período primavera-verano en el experimento 1	56
13.	Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el período verano en el experimento 1	57
14.	Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el período verano en el experimento 1	58
15.	Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del disponible en el experimento 1	60
16.	Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del remanente en el experimento 1	63
17.	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 en el experimento 1	64

18. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S. set.); Gramínea perenne invernal tierna-ordinaria (GPI(TO)); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P. not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el total del período en el experimento 1 65
19. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el total del período en el experimento 1 67
20. 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 en el experimento 1 68
21. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período primavera en el experimento 1 69
22. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S. set.); Gramínea perenne invernal tierna-ordinaria (GPI(TO)); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P. not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el período primavera en el experimento 1 70
23. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período primavera en el experimento 1 71
24. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en primavera en el experimento 1 72
25. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período primavera-verano en el experimento 1 73

26.	Contribución porcentual en el forraje disponible de <i>Lolium multiflorum</i> (Lolium); <i>Stipa setigera</i> (S. set.); Gramínea perenne invernal tierna-ordinaria (GPI (TO)); <i>Paspalum dilatatum</i> (P. dilat.); <i>Paspalum notatum</i> (P. not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el período primavera-verano en el experimento 1	74
27.	Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período primavera-verano en el experimento 1	75
28.	Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en primavera-verano en el experimento 1	76
29.	Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período verano en el experimento 1	77
30.	Contribución porcentual en el forraje disponible de <i>Lolium multiflorum</i> (Lolium); <i>Stipa setigera</i> (S. set.); Gramínea perenne invernal tierna-ordinaria (GPI (TO)); <i>Paspalum dilatatum</i> (P. dilat.); <i>Paspalum notatum</i> (P. not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE (OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el período verano en el experimento 1	78
31.	Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período verano en el experimento 1	79
32.	Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en verano en el experimento 1	80

33. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos evaluados y los tres contrastes sobre las variables oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) para el total del período de evaluación en el experimento 1	81
34. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie (G) para el total del período en el experimento 1	84
35. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el período primavera en el experimento 1	86
36. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el período primavera-verano en el experimento 1	87
37. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el período verano en el experimento 1	88
38. Resumen de la significancia estadística a los distintos efectos evaluados sobre las variables de producción primaria y características de la pastura para el total del período de evaluación para el experimento 2.....	89
39. Efecto de la interacción entre los tratamientos historia y dosis sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2.....	90
40. Efecto del tratamiento dosis sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) en el experimento 2.....	91
41. Efecto del tratamiento dosis sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2.....	91
42. Efecto del tratamiento historia sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) en el experimento 2	92

43.	Efecto del tratamiento historia sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2.	93
44.	Efecto del período sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) en el experimento 2.....	94
45.	Efecto de período sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2	95
46.	Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados en las variables de la composición botánica del disponible en el experimento 2.....	96
47.	Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados en las variables de la composición botánica del remanente en el experimento 2.....	97
48.	Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según el efecto de la interacción entre los tratamientos historia y dosis en el experimento 2	99
49.	Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según el efecto de la interacción entre el tratamiento historia y el período en el experimento 2	102
50.	Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento dosis en el experimento 2.....	103
51.	Contribución porcentual en el forraje disponible de <i>Lolium multiflorum</i> (Lolium); <i>Stipa setigera</i> (S.set.); <i>Paspalum dilatatum</i> (P. dilat.); <i>Paspalum notatum</i> (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento dosis en el experimento 2.....	103

52. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento dosis en el experimento 2	104
53. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento dosis en el experimento 2.....	104
54. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento historia en el experimento 2.....	105
55. Contribución porcentual en el forraje disponible de <i>Lolium multiflorum</i> (Lolium); <i>Stipa setigera</i> (S.set.); <i>Paspalum dilatatum</i> (P. dilat.); <i>Paspalum notatum</i> (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento historia en el experimento 2.....	105
56. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento historia en el experimento 2	106
57. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento historia en el experimento 2	107
58. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según período en el experimento 2.....	107
59. Contribución porcentual en el forraje disponible de <i>Lolium multiflorum</i> (Lolium); <i>Stipa setigera</i> (S.set.); <i>Paspalum dilatatum</i> (P. dilat.); <i>Paspalum notatum</i> (P. not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según período en el experimento 2.....	108
60. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según período en el experimento 2	109

61. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según período en el experimento 2.....	110
62. Resumen de la significancia estadística a los distintos efectos evaluados sobre las variables oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) en el experimento 2.....	111
63. Efecto de la interacción historia por dosis sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT) y ganancia media diaria por animal (GMD) para el experimento 2.....	112
64. Efecto de la dosis sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie (G) para el experimento 2	115
65. Efecto de la historia de fertilización sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie (G) para el experimento 2.....	116
66. Efecto del período sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el experimento 2	117

Figura No.	Página
1. Asociaciones entre consumo animal y características y métodos de asignación de pasturas para gramíneas y leguminosas (Adaptado de Poppi et al. 1987)	28
2. Mapa con los tipos de suelos presentes en el área experimental.....	33
3. Mapa del área experimental	36
4. Temperatura máxima, mínima y media entre septiembre 2020 y marzo de 2021 y las medias de los mismos meses del período 2002-2018, así como las precipitaciones medias para los mismos períodos	46

5. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm.) y evapotranspiración real (ETR) con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%)	47
6. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución del <i>Lolium multiflorum</i> presentada en porcentaje en el experimento 1	62
7. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución del <i>Stipa setigera</i> representada en porcentaje en el experimento 1.	63
8. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la carga instantánea medida en kilogramos por hectárea en el experimento 1	82
9. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la carga total medida en kilogramos por hectárea en el experimento 1.....	83
10. Interacción dosis x historia de fertilización sobre la contribución de gramíneas perennes estivales tiernas-ordinarias presentada en porcentaje en el experimento 2	98
11. Interacción período x historia de fertilización sobre la contribución de <i>Paspalum notatum</i> en el experimento 2	100
12. Interacción período x historia de fertilización sobre la contribución de gramíneas perennes estivales tiernas-ordinarias en el experimento 2	100
13. Interacción período x historia de fertilización sobre la contribución de gramíneas perennes estivales tiernas ordinarias en el experimento 2	101
14. Interacción historia de fertilización x período sobre la carga instantánea (CI) para el experimento 2	113
15. Interacción historia de fertilización x período sobre la carga total (CT) para el experimento 2	114

1. INTRODUCCIÓN

Uruguay cuenta con una superficie de pastoreo ganadero de 14,3 millones de hectáreas, de las cuales el 81,7% (11,7 millones) corresponden a campo natural, siendo éste el principal recurso forrajero utilizado por la ganadería (MGAP. DIEA, 2020).

La producción ganadera se lleva a cabo sobre una cubierta vegetal variable en composición florística y densidad. La vegetación herbácea presente está asociada a los tipos de suelo y manejo previo (acciones antrópicas), siendo las gramíneas el principal componente, las cuales están constituidas por dos grupos fundamentales, las especies estivales (C4) de diversos tipos productivos, y especies invernales (C3) las que son poco frecuentes, en particular las tiernas y finas. Complementando estas se encuentra una pequeña proporción de leguminosas y un conjunto elevado de malezas (Carámbula, 1991, Berretta et al., 1998a).

La productividad de este recurso forrajero tiene una variabilidad estacional, explicada por los períodos de actividad y reposo de las principales especies productivas, las cuales junto a los factores ambientales (precipitación y temperatura), determinan períodos con suficiencia e insuficiencia de forraje.

Si bien el campo natural es y seguirá siendo el principal recurso forrajero utilizado por la ganadería en Uruguay, se plantea que para lograr mayores producciones y más eficientes, es necesario levantar sus limitantes en cantidad y/o calidad en los momentos en que estas se presentan. Para esto se plantea el mejoramiento de los campos naturales tanto con fertilización como con la siembra en cobertura de especies (principalmente leguminosas) lo que genera no solo un aumento en la producción de biomasa atenuando la marcada estacionalidad, sino que también genera un aumento en la calidad de esa biomasa.

Estudios nacionales demuestran que realizar fertilizaciones combinadas con nitrógeno y fósforo sobre campo natural genera una respuesta productiva que depende del potencial de producción del campo y que puede potenciar en gran medida la producción de este. Por otro lado, la realización de mejoramientos de campo, con implantación de especies y su correspondiente fertilización permite casi duplicar la producción por hectárea del mismo.

1.1. OBJETIVOS GENERALES

El objetivo general del trabajo es evaluar la producción primaria y secundaria del campo natural sometido a tratamientos de intensificación, por siembra de leguminosas más fertilizante fosfatado y fertilización nitrogenada más fósforo, bajo pastoreo rotativo. Además, se estudia el efecto sobre la estabilidad de la composición del campo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la producción del campo natural, medido en kilogramos (kg) de materia seca (MS) por hectárea (ha), en los diferentes tratamientos.

Evaluar la performance animal en los diferentes tratamientos.

Evaluar los cambios en la composición botánica producto de los diferentes grados de intensificación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO NATURAL

Los campos naturales de Uruguay son parte del Bioma Pampa o Campos, una de las eco-regiones de pastizales más importantes del mundo. Según Allen et al. (2011) campos se definen como: “praderas constituidas principalmente por gramíneas, junto con hierbas, pequeños arbustos y ocasionales árboles; en un paisaje ondulado con colinas, y fertilidad del suelo variable. Se diferencian de Cerrado por tener un período invernal más largo y más severo y una relativa abundancia de leguminosas nativas. Los campos se ubican en la parte norte de la Pampa. El clima subtropical es húmedo, cálido en verano y templado en invierno”.

Formar parte de este bioma nos permite tener una gran diversidad genética tanto de especies vegetales como animales, lo que genera una estabilidad productiva.

La heterogeneidad espacial de estos campos se caracteriza por presentar mosaicos florísticos asociados a características de suelo, clima y topografía; lo que genera la formación de diferentes comunidades vegetales, las cuales se caracterizan por ser un conjunto de especies que ocurren en un área particular y en un momento dado (Lezama, 2014).

En Uruguay existen cerca de 400 especies de gramíneas, en su mayoría forrajeras de ciclo estival (C4) e invernal (C3), de diversos tipos productivos y más de 100 especies de leguminosas, organizadas en distintas comunidades vegetales (Jaurena et al., 2013). Esta clara superioridad de especies estivales explica la producción estacional dominante en primavera-verano, donde se produce cerca del 80 % del total anual, variando este porcentaje en las diferentes zonas del país (Bemhaja, 2006).

2.2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

En Uruguay, dentro de las principales causas que afectan la producción del campo natural se encuentra la deficiencia de algunos nutrientes minerales en los suelos siendo los más limitantes el nitrógeno y el fósforo. Es esta también, una de las causas que ha determinado que las especies que dominan los pastizales naturales del país sean especies C4 ya que presentan una rusticidad tal que les permite predominar en lugares con cierta marginalidad de recursos. Además, al ser las gramíneas el componente dominante de estas pasturas, el nitrógeno pasa a tener una gran significancia (Ayala y Carámbula, 1994, Ayala y Bermúdez, 2005).

2.2.1. En la producción primaria

La producción de forraje en la mayoría de los ecosistemas de praderas está limitada por la deficiencia de N (Chapín, Turnan, Berendse et al. citados por Bemhaja, 1994) y puede ser aumentada por encima del 50% cuando la misma es corregida (Bemhaja, 1994).

La curva de respuesta en producción de materia seca de la pastura a la fertilización nitrogenada es lineal en dosis bajas hasta que alcanza un máximo, para luego decrecer en dosis altas (Carámbula, 2002). Ayala y Carámbula (1994), estudiando la respuesta del campo natural con cortes cada 45 días al agregado de 320 kgN/ha/año, encontraron que la producción anual de forraje aumenta de 3916 a 6454 kg MS/ha siendo significativa esta diferencia (Tukey 5%).

De todos modos, afirman que, para el productor, el dato relevante es el crecimiento de cada estación y no así los rendimientos anuales, por lo que estudiaron y concluyeron que, en pasturas con dominancia de especies estivales, la mayor respuesta al agregado de nitrógeno se encuentra en el período donde se concentra la producción de estas, aumentando la magnitud de la estacionalidad previamente mencionada, confirmando lo dicho por Burgos de Anda (1974). Además, descartan la utilización de este nutriente para incrementar la producción inmediata durante el invierno, dada la insignificante respuesta presente en esta estación por el ciclo biológico de las especies presentes, las bajas temperaturas, heladas y el exceso de agua.

Es bien conocido el efecto positivo de la fertilización otoñal para incrementar el macollaje de las especies activas en invierno y favorecer mayores rendimientos en primavera (Ayala y Carámbula, 1994). Asimismo, Berretta (1998a) expone que las fertilizaciones a inicio de otoño, favorecen el crecimiento inicial de las especies invernales y su posterior rebrote, estimulando el macollaje de las mismas; además de posponer el fin de la fase vegetativa de las estivales.

La eficiencia en la utilización del nitrógeno está condicionada por las lluvias, tanto un exceso como una falta de lluvia perjudica la utilización de este y como consecuencia disminuye la eficiencia de uso (Rebuffo, 1994); además, depende de la frecuencia de defoliación de la pastura, y de características inherentes al campo natural que determinan el hecho de no ser capaz de redituar dosis altas de nitrógeno.

Ayala y Carámbula (1994) observaron que no hay diferencias significativas entre el agregado de 40 y 80 kg N/ha, redundando en bajas eficiencias de utilización dadas las elevadas pérdidas que se presentaron.

Asimismo, son esperables pérdidas en sistemas rotativos rápidos, dejando en el suelo cantidades residuales importantes de este elemento ya que la utilización aparente del nitrógeno es mayor cuando el corte se realiza en una etapa avanzada de crecimiento según estos autores.

A su vez, encontraron que existieron diferencias en la eficiencia de utilización del nitrógeno para campo natural según la estación del año evaluada, siendo 14 kg MS/ kg de N en primavera-verano y 1,5 kg MS/ kg de N en invierno.

Zanoniani (2009) a diferencia de los autores que anteceden, exhibe eficiencias de uso del Nitrógeno de 16 kg MS/Kg N en el período otoño-invernal, lo que confirma el potencial productivo de determinadas especies naturales, ya que igualan los valores obtenidos con especies introducidas (Ayala y Carámbula, citados por Zanoniani et al., 2011), indicando una variación de la capacidad de respuesta relacionada a la composición botánica original del campo natural (Zanoniani et al., 2011).

2.2.2. En la composición botánica

Ayala y Carámbula (1994) aseguran que las modificaciones en los niveles de fertilidad, no solo afectan a la productividad estacional y anual del campo natural, sino que llevan también a un balance diferencial entre especies. Diaz-Zorita, citado por Zanoniani (2009), indica que la respuesta esperada de una pastura a la fertilización no puede generalizarse, ya que la misma depende marcadamente de las especies que integren la pastura. Un aumento en la fertilidad favorece a aquellas que muestran mayor respuesta, siendo competitivas cuando no existe restricción, y provocando cambios botánicos en la pastura.

Boggiano et al. (2005) y Zanoniani et al. (2011) confirman lo que antecede, mostrando respuestas en el período otoño-invierno, a la fertilización otoñal con nitrógeno de las gramíneas invernales, en términos de producción de materia seca y composición botánica. Estos cambios en la composición del forraje, se muestran con el aumento en la proporción de la materia seca disponible que es explicada por especies invernales, en concordancia con lo propuesto por Ayala y Carámbula (1994), Berretta y Bemhaja (1991), Berretta (1998a), Berretta y Levratto (1990), Berretta et al. (1998a), Montossi et al. (2000), Rodríguez Palma et al. (2004), y Zanoniani (2009). Concluyendo así, que el tapiz con aplicación de nitrógeno, se va volviendo más invernal debido a una sustitución de especies. Según Boggiano et al. (2005), Larratea y Soutto (2013) existe un aumento en la calidad del campo nativo, ya que las especies de ciclo invernal, son de mayor calidad.

En lo que refiere a tipos productivos, los pastos finos, tiernos, y tierno-finos muestran una tendencia a aumentar su presencia, siendo los principales de tipo productivo finos *Adesmia bicolor*, *Poa lanígera* y *Paspalum dilatatum*. Los tiernos *Andropogon ternatus*, *Coelorhachis selloana*, *Paspalum notatum* y *Piptochaetium stipoides* también aumentan su presencia (Berretta et al., 1998a) mientras que de los tierno-finos, se destaca la *Stipa Setigera*. Esta especie es la más frecuente y tiende a incrementar su presencia con la fertilización y la carga, ya que soporta bien el pastoreo cuando ésta es relativamente elevada (Berretta et al., 1998b); similar comportamiento tiene el *Paspalum notatum* por ser de porte postrado, mientras que el *Paspalum dilatatum* se ve favorecido con cargas menores. Por lo tanto, en campos donde existe una alta frecuencia de pastos finos, se pueden promover mediante fertilizaciones nitrogenadas y ajuste de la carga (Boggiano et al., 2005).

Por otra parte, los pastos ordinarios, ordinario-duros, y duros, reducen su participación en el recubrimiento del suelo cuando se fertiliza, por el aumento en la frecuencia de pastos tiernos y finos (Berretta et al., 1998a), aunque en el caso de las ciperáceas (*Cyperaceae*) aumentan con la fertilización y el contenido de humedad del suelo (Duhalde y Silveira, 2018). Los principales pastos ordinarios son *Schizachyrium spicatum*, *Bothriochloa laguroides*, las ciperáceas (*Cyperaceae*) y *Paspalum plicatulum*. Con la fertilización se reduce marcadamente *Schizachyrium spicatum*, que es una especie de ambientes pobres; *Bothriochloa laguroides* tiene mayor frecuencia en situaciones de fertilización y cargas bajas, probablemente relacionado con su baja apetecibilidad, en particular en primavera-verano (Berretta et al., 1998a). *Paspalum plicatulum* también disminuye con la fertilización, por un aumento de su apetecibilidad ya que sus hojas permanecen verdes por períodos mayores (Berretta et al., 1998b).

Con fertilización nitrogenada, las hierbas enanas representadas principalmente por los macachines (*Oxalis sp.*) aumentan su presencia un grupo de numerosas especies con baja frecuencia, durante el invierno, y más aún, con altas cargas (Berretta et al., 1998a, Gomes et al., 2002), donde prosperan por ser plantas de bajo porte.

Ríos (1996) encontró 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. El fertilizante controla malezas anuales, mediante el incremento de la competencia por parte de las forrajeras objetivo (Klingman, citado por Gallinal et al., 2016). Por su parte, Berretta et al. (1998a) expresan que las malezas de campo sucio que originalmente tienen escasa participación, no aparentan aumentar con la fertilización, siendo representadas por *Baccharis coridifolia*, *Baccharis trimera*, y *Heimia sp.*

Berretta et al. (1998b) y Gomes et al. (2002) aseguran que las leguminosas nativas aumentan su frecuencia relativa a valores cercanos al 5%, destacándose *Desmodium incanum*. De acuerdo con lo expuesto por Gomes et al. (1998) relacionando el efecto de la fertilización nitrogenada con períodos de descanso en invierno y primavera o verano. En contraparte, Boggiano (2000), encontró que la contribución de las leguminosas se ve reducida por un aumento en la competencia por parte de las gramíneas y ciperáceas.

Altas dosis de N podrían conducir a la degradación de la pastura por la desestabilización de las comunidades naturales, al existir sustitución de las especies perennes por anuales (Cardozo et al., 2008). En años con buenas condiciones de crecimiento la producción de éstas es mayor (Young et al., 1999), incrementando la contribución de especies exóticas como *Lolium multiflorum*, *Carduus acanthoides* y *Cirsium vulgare*, debido a la pérdida de densidad y abertura de la trama de la vegetación (Cardozo et al., 2008), y aumentando significativamente la frecuencia de especies anuales invernales, como *Vulpia australis* y *Gaudinia fragilis* por una intensa floración de dichas especies (Ayala y Carámbula, 1994). Esta sustitución, y la pérdida de biodiversidad de especies del campo natural, llevan a una paulatina degradación de la pastura, manteniéndose un efecto residual hasta de tres (Cardozo et al., 2008) a diez (Larratea y Soutto, 2013) años posterior a la última aplicación

En la misma línea, Koukoura et al. (2005), mencionan que las fertilizaciones con N y P aumentan la producción de forraje desde el primer año de fertilización y disminuye la diversidad florística. Boggiano y Berretta (2006) reportan resultados diferentes, donde la riqueza específica del campo natural se incrementó con los tratamientos de fertilización con N y P en concordancia con lo expuesto por Berretta et al. (1998b) explicando un mayor recubrimiento de la vegetación en áreas fertilizadas por un mayor número de especies en ellas.

Boggiano et al. (2000) y Boggiano et al. citados por Zanoniani et al. (2011), corroboraron estos resultados demostrando la importancia de la interacción entre la dosis de fertilizante aplicado, la oferta de forraje utilizada y los mecanismos morfogenéticos involucrados en dichas respuestas. Finalmente se debe tener en cuenta que las interacciones existentes entre los nutrientes aplicados con la estación del año y el manejo de la defoliación deben ser explotadas con el fin de alterar las relaciones de competencia entre grupos botánicos y dirigir la sucesión hacia el tipo de pastura deseada (Boggiano y Quadros et al., citados por Zanoniani et al., 2011).

2.2.3. En la calidad del forraje

Ayala y Carámbula (1994) mencionan que el efecto principal del fertilizante es producir más materia seca, y no modificar la calidad del forraje, ya que observaron que la aplicación de N, P o K no afecta en general a lo que es la digestibilidad del campo natural, ni el contenido de fibra detergente ácida (FDA), pudiendo ser explicado por lo expuesto por Bemhaja y Olmos, citados por Zanoniani (2009), quienes muestran que la promoción que ejerce la fertilización, es sobre especies estivales, las cuales dominan en nuestros campos. En concordancia, Pinto y Costa (1998) no encontraron diferencias estadísticamente significativas para los niveles de digestibilidad entre los tratamientos de 0, 50, 100, y 200 kgN/ha, observando si, una tendencia favorable al aumentar la dosis. Esta tendencia fue confirmada por Brum y De Stefani (1998) en un campo natural en Río Grande del Sur, cuando el porcentaje de digestibilidad in vitro de MS encontrado fue de 27,5% (testigo); 29,8%; 30,7%; y de 31,1% para las dosis de 10, 200, y 300 kg N/ha respectivamente. Los datos obtenidos muestran un aumento de digestibilidad al incrementarse las dosis de N aplicadas, coincidiendo con un incremento en el porcentaje de proteína.

El agregado de nitrógeno permite alcanzar porcentajes mayores de proteína cruda en la pastura en particular en invierno y luego en otoño en que la presencia del nitrógeno favorece el logro de valores superiores, con resultados que lo afirman como el 8,7% PC promedio anual en campo nativo sin fertilizar vs. 10,3% PC en tratamientos fertilizados con 320 kg N/ha/año obtenido por Ayala y Carámbula (1994), o tomando como ejemplo el invierno de 1996, según las mediciones de Berretta et al. (1998a), el campo natural produce aproximadamente 38 kg/ha de proteína cruda (PC), mientras que los tratamientos fertilizados producen en promedio 95 kg/ha de PC.

Bemhaja (1994) trabajando en pasturas naturales sobre suelos de basalto profundo, reporta valores superiores en proteína cruda, de 9,3%; 10,5%; 13,2% y 13,4% para tratamientos de 0, 40, 80, y 120 unidades de N/ha respectivamente, fraccionadas entre principios de otoño y mediados de primavera. Drawe y Box (1969), Pereira Rego (1977), y Cabreira et al. (1988) verifican este aumento significativo en los niveles de proteína en relación al testigo, a medida que se aumentó la dosis de N.

2.2.4. Efecto año

El N tiene un marcado efecto incrementando la producción de forraje, pero es necesario tener recaudo, ya que la respuesta a la fertilización nitrogenada es muy variable, y el éxito de esta práctica depende de las condiciones existentes en el momento de evaluación, del efecto año.

Jenny, citado por Smith (1994) explica que, mediante el control de las especies de plantas en crecimiento, y de la actividad microbiana, es el clima el principal factor que determina el contenido de nitrógeno en el suelo. Que como mencionan Ayala y Carámbula (1994), fluctuaciones en la disponibilidad del nutriente, además de la eficiencia de uso del mismo, son los que explican la variabilidad en la respuesta al agregado del mismo.

Dasci y Comakli (2011) confirman que existe una interacción año-fertilización, dado que de los dos años que estudiaron, en el segundo (2005) se obtuvo una respuesta mayor a la fertilización.

Blackman, citado por Whitehead (1970), expone que cuando la temperatura del suelo en los primeros 10 cm de profundidad es menor a 5,6°C, no hay crecimiento de las pasturas por más de que haya sido fertilizado. Entre 5,6 y 8,3 °C es cuando se ve incrementado el crecimiento de las pasturas por la fertilización nitrogenada, y por encima de 8,3°C se obtienen tasas de crecimiento similares entre tratamientos fertilizados y el testigo.

Guevara et al. (2000), en estudios acerca de los efectos de la fertilización nitrogenada en Argentina, concluyeron que la aplicación de nitrógeno y fósforo muestra un aumento en la producción primaria cuando las lluvias superan los 300mm en el período de crecimiento. En cambio, Lorenz y Rogler (1973) habían encontrado respuesta incluso en años secos, y le dieron marcada importancia dado que ese incremento en producción, aunque fuera de poca magnitud, podía ser más valioso para el ganado que incrementos mejores en condiciones favorables.

2.2.5. En la producción secundaria

Según Risso et al. (1998) la fertilización nitrogenada y fosforada, hace que la producción animal en PV/ha sea hasta tres veces mayor que la de un campo natural sin fertilización. Zamalvide (1994) expone que las causas son el aumento en la calidad del forraje, por un mayor contenido de N y P en la misma, y por un gradual afinamiento de las pasturas.

Sin embargo, Dougherty y Rhykerd (1985) explican que el aumento en la producción secundaria se da por el incremento en la carga animal que genera la fertilización nitrogenada, al aumentar la producción de MS, manteniendo la performance individual, que se podrá ver favorecida sólo si la calidad y disponibilidad de forraje son mayores. En la misma línea Azanza et al. (2004) afirma que es despreciable el efecto que tiene la fertilización nitrogenada sobre la calidad de la pastura y que el principal efecto de esta, es sobre la producción de MS; lo que permite un incremento en la carga animal.

Boggiano et al. (2000), agregando 120 kgN/ha, verificaron un incremento de 2,5 kg PV/ha/día manejando una OF de 4,2%. Rodríguez Palma et al. (2004) lo confirman, encontrando producciones en kg PV/ha/año, entre 60% y 90% más en los tratamientos fertilizados en relación al testigo, dado un aumento de las cargas, sin modificar la performance individual. Asimismo, Risso et al. (1998), establecen que campos fertilizados con N y P incrementan la producción animal, en peso vivo por unidad de superficie, hasta tres veces más que los campos sin fertilizar.

Para una misma OF, existe un aumento tanto de la carga animal como de la dotación conforme aumenta la dosis de fertilizante hasta 200 kgN/ha (Zanoniani, 2009), dado el aumento en la producción de la pastura (Lucas y Mott, citados por Boggiano et al., 2000). Con el agregado de 150 kgN/ha, se lograron aumentos en la dotación de hasta 1,4 UG/ha con una OF constante de 9%PV (Zanoniani, 2009). Rodríguez Palma et al. (2008), muestran que fertilizaciones de 100 kgN/ha permitieron incrementos promedio de la carga animal de 66%, sin tener efecto sobre la ganancia media diaria por animal, en cuatro años de experimento.

A medida que la OF es menor, la respuesta de la carga al N se hace más sensible con intensidades de pastoreo altas, se verificó un aumento de 500 kg PV/ha/día al agregar N, representando un aumento de 2,5 kg PV/ha/día por kg de N adicionado (Boggiano et al., 2000). Según Berretta (2005), 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, concluyendo que la fertilización nitrogenada del campo natural, permite mantener las ganancias de peso vivo individuales, aumentando la receptividad del campo, generando en consecuencia un incremento en la producción secundaria.

2.3. EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSA

El campo natural se caracteriza por presentar variaciones tanto en la cantidad como en la calidad del forraje producido entre años y dentro del año. Estas variaciones determinan que en muchas ocasiones los requerimientos de los animales no sean cubiertos, determinando pérdidas de productividad. Los mejoramientos extensivos de campo natural con la introducción de especies leguminosas de alto valor forrajero se presentan como una alternativa para levantar las restricciones de calidad y cantidad de forraje que presenta el campo natural (Scaglia, 1995).

Debido a los bajos niveles de P en los suelos del país, la presencia de leguminosas nativas y su contribución en la producción del campo natural,

generalmente es baja. Por ende, la incorporación de leguminosas acompañada con fertilización fosforada mejoraría la calidad de la dieta y además favorece la incorporación de nitrógeno a través de la fijación biológica, lo que traería aparejado un aumento en la producción de forraje (Ayala y Bendersky, 2017).

La fijación de nitrógeno atmosférico biológicamente es una fuente económica y ecológicamente conveniente de introducción de este elemento al ecosistema (Carámbula, 1992a, Herridge, citado por García et al., 1994, Berretta, 1998b).

Existe una marcada estacionalidad en la fijación de N, la cual presenta valores máximos en invierno y mínimos en verano, lo cual se explica por la relación existente entre la demanda de N de la planta para crecer y la absorción de N del suelo. En invierno, las bajas temperaturas reducen la mineralización, por lo que la oferta de N por parte del suelo es baja y, por lo tanto, la fijación biológica por parte de las leguminosas se hace máxima (García et al., 1994).

Una de las principales determinantes de la cantidad de N fijado por una leguminosa es la cantidad de forraje que produce, aumentando en la medida que aumenta el rendimiento. En términos generales, se puede decir, que por cada tonelada de MS de leguminosa se fijan alrededor de 30 kg de nitrógeno (García et al., 1994).

2.3.1. En la producción primaria

Únicamente el agregado de fertilizante fosfatado no es una solución para las carencias que presenta el campo natural. Estudios realizados relacionados a dicho tema indican que la fertilización con fósforo sobre campo natural puede generar aumentos en la producción de forraje que varían entre 10 y 30% dependiendo del suelo, sin demostrar diferencias significativas en cuanto a producción de forraje refiere, en ninguno de los casos. Sin embargo, la introducción de leguminosas en el tapiz favorece la presencia de especies con la capacidad de capitalizar y responder de manera importante al agregado de fósforo, las cuales son escasas en las comunidades vegetales nativas (Mas, 1992).

El rendimiento del campo natural mejorado puede llegar a ser entre 50 y 100% superior al del mismo campo sin la introducción de leguminosas, pudiendo ser el rendimiento invernal hasta tres veces superior (Berretta, 1998b).

Risso et al. (2002) trabajando con diferentes mejoramientos de campo natural en la región del Cristalino obtuvieron que el rendimiento anual de forraje

de los mejoramientos era muy superior al de los campos naturales representativos de la zona (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Producción estacional y anual de forraje (kg/MS/ha/año) para un campo natural representativo de la zona del Cristalino y dos mejoramientos de campo en la misma zona.

Pasturas	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total	Fuente
CN	675	425	1039	932	3071	Formoso, citado por Rovira (1973)
CNM (Tb+L)	1577	1058	2705	2318	7658	Risso et al. (2002)
CNM (L.Rin)	1554	899	2854	1872	7179	Risso et al. (2002)

Fuente: elaborado con base en: Risso et al. (2002), Formoso, citado por Rovira (1973).

Referencias: CN, Campo natural; CNM (Tb+L), Campo natural mejorado con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*; CNM (L. Rin), Campo natural mejorado con *Lotus subbiflorus*.

Según Carámbula (1992a), cuando las leguminosas introducidas se combinan exitosamente con las gramíneas nativas se logra obtener una pastura productiva y estable. Por lo tanto, parece fundamental luego de incrementar la fertilidad del suelo mediante la fertilización con fósforo y la introducción de leguminosas (las cuales fijan N) obtener una población adecuada de gramíneas con altos rendimientos, especialmente en el período que resulta crítico para el campo natural, es decir, el período otoño-invernal (Ayala y Carámbula, 1992).

Berretta y Bemhaja (1991) encontraron que diferentes mejoramientos de campo natural, con diferentes métodos de siembra, diferentes manejos de la fertilización y diferentes mezclas de especies (todas leguminosas) lograron en todos los casos a partir del segundo año niveles de producción de forraje significativamente superiores a los de un campo natural testigo. Además, se destaca que la mayor producción de forraje anual, se explica por un aumento significativo en comparación al testigo de la producción en las cuatro estaciones del año.

En la misma línea, trabajos realizados por Carámbula (1992b) sostienen que mejoramientos de campo natural con leguminosas y *Lolium multiflorum* presentan producciones de forraje considerablemente mayores a las del campo natural testigo, en el momento en que este último es más restrictivo, el período

otoño-invernal (marzo-agosto). Estas mayores producciones de forraje se encuentran explicadas por tasas de crecimiento diarias también considerablemente superiores, principalmente en el período otoñal, lo que nos indica que el mayor potencial de estos mejoramientos se ubica previo a la ocurrencia de los días cortos y fríos. En este aspecto, algo que influyó en gran medida fue la frecuencia de defoliación y los momentos de acumulación de forraje, las menores producciones de forraje se obtuvieron cuando las defoliaciones fueron frecuentes cada 30 días y las máximas cuando las defoliaciones se realizaron cada 90 días permitiendo la acumulación de forraje desde el primer día de marzo. A medida que el comienzo de la acumulación de forraje se postergaba más hacia el invierno las diferencias entre las frecuencias de defoliación pierden importancia y no resulta en mayores ventajas realizar períodos de descanso superiores a 60 días.

Por otro lado, Bemhaja (1998a) indica que la tasa de crecimiento diaria estacional fue considerablemente superior en campos naturales mejorados con leguminosas en relación al campo natural testigo (Cuadro No. 2). Observándose que los cambios más significativos en cuanto a tasa de crecimiento se produjeron durante el invierno, donde se observó una gran contribución de las leguminosas (principalmente de *Trifolium repens*) y las gramíneas invernales nativas, estas últimas que promovidas por el aumento de la fertilidad en el suelo pasaron de tener una contribución del 8% en el tapiz a un 24% el tercer año luego de realizado el mejoramiento.

Cuadro No. 2. Tasa de crecimiento diario (CD en kg MS/ha/día) promedio de tres años para el mejoramiento (CNM) y promedio de 15 años para campo natural (CN).

	CNM	CN	% sobre CN
Otoño	24	11	117
Invierno	18	7	147
Primavera	31	15	109
Verano	31	17	80

Fuente: adaptado de Bemhaja (1998a).

2.3.2. En la composición botánica

En el campo natural generalmente dominan especies gramíneas con crecimiento primavero-estivo-otoñal (C4) esto explicado fundamentalmente a que estas son más tolerantes a la baja fertilidad ya que son considerablemente más eficientes que las de crecimiento otoño-invierno-primaverales (C3) para convertir el nitrógeno y el agua en materia seca. Sin embargo, en la medida que aumenta la disponibilidad de nitrógeno y fósforo del suelo debido a la fertilización y la transferencia de nitrógeno de las leguminosas a las gramíneas asociadas, se da un cambio gradual en la composición botánica, dándose un incremento de especies C3, lo que trae aparejado un aumento en la producción de forraje invernal, y por lo tanto se reduce la marcada estacionalidad de la producción del campo natural (Carámbula, 1992a, Ayala y Carámbula, 1992).

La introducción de leguminosas al campo natural, acompañado esto de fertilizaciones fosfatadas y un buen manejo del pastoreo llevan a un cambio lento en la vegetación, donde se genera un nuevo punto de equilibrio de la pastura donde el rendimiento y la calidad son superiores a lo que existía en un principio. Este efecto se manifiesta en una vegetación con mayor aporte de las especies invernales principalmente especies nativas perennes de buena calidad, donde se destacan: *Stipa setigera*, *Poa lanigera* y *Piptochaetium stipoides* (Berretta, 1998b).

2.3.3. En la calidad del forraje producido

En general, las pasturas naturales se caracterizan por presentar una baja proporción de leguminosas, lo cual genera una restricción para lograr aumentar la productividad animal (Jaurena et al., 2005). Sin embargo, la introducción de especies leguminosas, acompañado de un buen manejo de la fertilización fosforada y un adecuado manejo del pastoreo, con el objetivo de favorecer a las especies sembradas, han logrado importantes aumentos en la producción y calidad del forraje, determinando aumentos en los niveles de producción animal (Jaurena et al., 2005, Berretta y Bemhaja, 1991).

Según datos obtenidos por Bemhaja (1998b), los valores máximos de digestibilidad de la materia orgánica y contenido de proteína cruda y mínimos de fibra detergente ácido en mejoramientos de campo natural son alcanzados en la primavera. Además, al comparar un campo natural con un campo natural mejorado se puede decir que el contenido de proteína cruda del campo natural mejorado puede llegar a duplicar al de un campo natural promedio (9% PC) en primavera y lograr aumentos de entre 3 y 5 puntos a finales de verano.

Por otro lado, el bajo contenido de fósforo en los suelos del país, genera que en muchas ocasiones los niveles de este en el forraje no sean suficiente para cubrir los requerimientos de los animales. Sin embargo, el hecho de aumentar el contenido de fósforo en los suelos a través de la fertilización la cual es fundamental para lograr una buena implantación de las leguminosas introducidas genera aumentos también en el contenido de este nutriente en el forraje (Ayala y Bermúdez, 1992).

Tanto la digestibilidad del forraje, como el contenido de proteína y de fibra pueden ser utilizados como indicadores de la calidad del forraje y de la posible respuesta en la producción animal. Estudios realizados por Carámbula (1992b) en los cuales se comparó en el período otoño-invernal mejoramientos de campo natural con leguminosas y *Lolium multiflorum* contra un campo natural testigo arrojaron como resultados que la digestibilidad del campo natural (47%), sin importar la frecuencia de defoliación era siempre considerablemente menor a la digestibilidad de campo mejorado (69%) en el cual es necesario mencionar que el componente leguminoso representaba el 66% del aporte. Esto resulta importante a tener en cuenta ya que la información general indica que cuando la digestibilidad es menor al 50% se ve afectada la performance animal, ya que los animales no son capaces de consumir la cantidad de materia seca necesaria para cubrir sus requerimientos energéticos. En cuanto a proteína cruda refiere, también se observó mayores valores en los mejoramientos (13,5% vs 10%), y la fibra cruda fue considerablemente mayor en el campo natural testigo (30% vs 40%).

Según trabajos realizados por Bemhaja (1998a), el contenido de proteína cruda de los mejoramientos es muy variable a lo largo del año (Cuadro No. 3), presentando los valores máximos en primavera con un promedio de 19,4% y mínimos en otoño con un promedio de 10,7%. Además, se observó, que la digestibilidad de la materia orgánica aumentó en la medida que aumentaba el contenido de proteína cruda mientras que los valores de fibra detergente ácida se presentaron completamente inversos. Otro indicador muy variable a lo largo de las estaciones fue la relación verde/seco siendo máxima en primavera explicado fundamentalmente a las altas tasas de crecimiento diarias y mínima en invierno.

Trabajos realizados por Risso et al. (2002) demuestran que el contenido de proteína cruda de un mejoramiento es sensiblemente superior a la de un campo natural representativo de la zona, el cual presenta valores en torno a 8,6% de proteína cruda, a diferencia del mejoramiento que logró niveles promedios anuales de 13,23% (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Evolución estacional del contenido de PC (%) de un campo natural mejorado en la región del Cristalino.

Pastura	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
CNM (Tb+L)	12,53	9,47	13,51	17,16	13,23

Fuente: adaptado de Risso et al. (2002).

Referencias: CNM (Tb+L), Campo natural mejorado con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*; CNM (L. Rin), Campo natural mejorado con *Lotus subbiflorus*.

El contenido de proteína de los mejoramientos con leguminosas en muchas ocasiones puede ser excesivo en comparación a las necesidades de los animales, más aún en primavera. Esto, asociado además al bajo contenido de fibra en el forraje consumido y considerando la capacidad de selección de los animales puede llevar a que se generen problemas de meteorismo, por lo que resulta necesario el monitoreo y la toma de medidas de manejo en caso de ser necesario (Scaglia, 1995, Ayala y Carámbula, 1995).

2.3.4. En la producción secundaria

El performance animal está directamente asociado al nivel de alimentación, si bien en ganado de carne son alcanzables altas ganancias de peso, en general la cantidad y la calidad de alimento a la que los animales acceden limita este potencial (Risso et al., 1998). Una de las vías para incrementar la producción secundaria en Uruguay ha sido la introducción de leguminosas al tapiz natural, lo cual mejora el performance de los animales ya que aumenta la producción primaria y la calidad de las pasturas (Berretta, 1998b).

Según Scholl et al., citados por Correa y Alvim Silva (1994) en campo natural mejorado se pueden obtener ganancias de peso hasta 5 veces mayores que en campo natural, esto explicado fundamentalmente por el aumento en producción de forraje que ocurre con la introducción de leguminosas.

De acuerdo con estudios realizados por Scaglia (1995), animales manejados sobre mejoramientos extensivos de campo natural con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* (cargas entre 1,07 y 1,22 UG/ha) experimentan ganancias medias diarias anuales en torno a los 700 g/día en comparación a animales sobre campo natural que experimentan ganancias de 300 g/día, con una marcada pérdida de peso durante el invierno. Las mayores ganancias se obtuvieron durante la primavera, lo que se asoció al período en el que la pastura presentaba la mejor calidad, explicado fundamentalmente por el alto aporte que estaban realizando las leguminosas introducidas en ese momento.

Las mayores diferencias respecto al desempeño animal sobre campo natural se registran en el período invernal, donde mientras que sobre campo natural se registran importantes pérdidas de peso, sobre los mejoramientos se logra mantener el peso e incluso en algunas situaciones se logran ganancias de peso moderadas (Ayala y Carámbula, 1995, Scaglia, 1995).

Correa y Alvim Silva (1994) trabajando con novillos de distintas razas y distintas cruces en Quaraí (Brasil), registraron sobre campo natural ganancias de peso vivo entorno a los 300 g/día, cuando esos mismos novillos fueron enviados a un campo natural mejorado con *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Lolium multiflorum*, pasaron a ganar más de 1 kg/día.

Por su parte Risso et al. (2002), trabajando con novillos sobre campo natural mejorado con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*, encontraron que los animales obtienen muy buenas ganancias diarias, siendo estas en todos los casos mayores a 600 g/día, sin denotar diferencias significativas entre diferentes métodos de pastoreo (Alternativo: 21 días de ocupación y 21 días de descanso; Rotativo: 7 días de ocupación y 28 días de descanso) y cargas utilizadas (Carga alta: 1,95 UG/ha; Carga baja: 1,6 UG/ha) (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Ganancia diaria (kg/animal/día) estacional y total del ciclo, en novillos con distintos manejos del pastoreo y carga sobre un mejoramiento de campo natural con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* (promedio de 5 años).

Tratamiento	Otoño	Invierno	Primavera	Total
Rot. C. Alta	0,498 a	0,186 a	1,111 a	0,632 abc
Rot. C. Baja	0,496 a	0,254 a	1,163 a	0,671 a
Alt. C. Baja	0,475 ab	0,274 a	1,124 a	0,665 ab

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Fuente: adaptado de Risso et al. (2002).

Por otro lado, al hablar de la productividad por hectárea, esta fue significativamente mayor cuando se utilizó un pastoreo rotativo con carga alta (Cuadro No. 5). Sin embargo, esta diferencia estuvo explicada por el efecto de la carga y no por el método de pastoreo. Resulta importante destacar que en todos los casos se logró una buena terminación de todos los animales.

Cuadro No. 5. Productividad (kg PV/ha/año) de un mejoramiento de campo natural con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* bajo distintos manejos de pastoreo y cargas (promedio de 5 años).

Tratamiento	Productividad (PV/ha/año)
Rot. C. Alta	353 a
Rot. C. Baja	304 bc
Alt. C. Baja	302 bc

Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Fuente: adaptado de Risso et al. (2002).

Por su parte, Garín et al. (1993), trabajando con novillos Holando sobre un mejoramiento de campo natural con *Lotus corniculatus*, encontraron que la ganancia media diaria de los animales variaba según la oferta de forraje (OF).

Cuando los animales pastoreaban con una OF de 2,5% presentaban ganancias diarias de 0,490 kg/día, en cambio, cuando los animales se encontraban con OF mayores (5%, 7,5% y 10%) las ganancias pasaban a ser significativamente mayores, teniendo un promedio de 0,730 kg/día. Sin embargo, al igual que lo encontrado por Risso et al. (2002), la productividad por hectárea fue mayor cuanto mayor era la carga, es decir, cuando la OF era menor. Este aumento en la productividad por hectárea explicado por un aumento en la dotación, se debe a que en este caso la tasa de incremento en la carga, fue mayor a la tasa de disminución de la ganancia de peso por animal (Mott, citado por Garín et al., 1993).

2.4. EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO

El manejo del pastoreo según Allen et al. (2011) es la manipulación del pastoreo en la búsqueda de un objetivo específico. A través del mismo se toman decisiones tanto de intensidad, frecuencia y momento en el que se realiza, cuyas principales variables de ajustes son la carga animal, relación lanar/vacuno, y método de pastoreo.

Según Berretta (2005) la carga animal es la principal variable que condiciona la producción secundaria y afecta la producción primaria del sistema. Además, tiene una relación estrecha con la intensidad de pastoreo siendo esta la decisión más importante en el manejo.

Trabajos nacionales realizados por Facultad de Agronomía han determinado que la carga animal (kg peso vivo/ha), pasa a ser una variable de respuesta ya que depende de la oferta de forraje (OF), de la cantidad de forraje y de la acumulación del mismo. Entiéndase como oferta de forraje a 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).

2.4.1. En la producción primaria

Las hojas son la fábrica de biomasa de una pastura. Si no hay limitaciones impuestas por la temperatura y la humedad, la producción de biomasa a partir de la radiación solar depende directamente del área foliar disponible. Como la intensidad de pastoreo define la superficie foliar que la planta dispone para mantenerse y crecer, la misma puede tener un efecto directo sobre la productividad y supervivencia de las especies preferidas.

La intensidad de pastoreo afecta la absorción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR). Boggiano et al. (2011) trabajando con OF de 4, 9 y 14 % logró determinar la evolución del porcentaje de PAR absorbido en función de los días de descanso post pastoreo. A medida que los días de descanso incrementaron, el porcentaje de la radiación absorbida por el dosel del campo natural aumentó. Sin embargo, la intensidad de pastoreo definida por las OF impone respuestas diferentes: a mayor intensidad pastoreo (4% OF) el índice de área foliar remanente es menor y la pastura se recupera más lentamente, no alcanzando los valores de intercepción que se logra con menores intensidades de pastoreo (9 y 14 % OF). Esto indica que a mayor intensidad de pastoreo menos radiación es capturada por la pastura, más radiación se pierde y no va aportar para la fotosíntesis, limitando la producción de forraje.

Con OF más bajas, consecuentemente, mayor frecuencia e intensidad de defoliación, los componentes morfológicos de las pasturas son adversamente influenciados, posiblemente debido a prioridades de distribución de los fotoasimilados durante la estación de crecimiento. En el caso de OF más altas, con remanentes de láminas verdes más altos, mayor proporción de radiación incidente podría ser interceptada y usada para la producción de tejidos (Almeida et al., 2000).

Trabajos realizados en la región sur de Paraná (Ido et al., 2005), en el cual se manejaron OF 4, 8, 12, 16 % PV, determinaron una relación cuadrática entre la producción de MS y OF. Se observó un aumento gradual de la producción de MS mediante el aumento de la OF, hasta un nivel de OF intermedia. Por encima de esta, una mayor OF, la producción total de MS empieza a decrecer, obteniéndose la máxima producción total de MS con OF de 14 %.

Diferentes combinaciones de OF a lo largo del año tuvieron influencia sobre la dinámica de crecimiento de la pastura. Mezzalana et al. (2012), trabajando con diferentes combinaciones de OF en primavera y el resto del año, determinaron que OF de 8 y 12 % en primavera y el resto del año respectivamente, permitieron aumentar la tasa de acumulo de pasto, traduciéndose en una mayor producción anual. En contraposición, la menor acumulación de forraje se observó en OF de 4%, que presentó la menor altura de pasto.

En la misma línea Ayala y Bermudez (2005), aplicaron bajo corte una combinación de cuatro frecuencias (30, 60, 90 y 120 días) y tres intensidades de defoliación (2.5, 5.0 y 7.5 cm) durante un período de 5 años. De este estudio surge que la intensidad de defoliación afectó la productividad anual, así como la producción total acumulada. La diferencia en producción de forraje total con intensidades de 2,5 cm y 7,5 cm alcanza un 16% en el promedio de los 5 años. Este incremento fue consecuencia de aumentar la intensidad de defoliación. Esto se dio ya que aquellos manejos más intensos son los que permiten un mayor aprovechamiento del crecimiento que ocurre en estratos inferiores de la pastura, en contraposición con manejos más aliviados donde no se logra cosechar parte del forraje producido en los estratos inferiores ocurriendo un paulatino envejecimiento y pérdida del forraje producido.

En cuanto al método de pastoreo Berretta (2005) determinó que pasturas manejadas con cargas rotativas obtuvieron una producción de forraje superior del 11%, lo que debe atribuirse a los períodos de descanso entre pastoreos. Períodos de descanso adecuados permiten una mejor recuperación de las plantas y su rebrote no es comido inmediatamente, teniendo así mayor cantidad de tejido fotosintético para acumular reservas. También los períodos de descanso entre pastoreo favorecen la floración y semillazón de las especies. Por otro lado, Ayala y Bermudez (2005) no encontraron diferencia en los niveles de productividad entre pastoreo continuo y rotativo, el cual estuvo determinado por la carga.

2.4.2. En la composición botánica

El efecto del pastoreo sobre la composición botánica resulta de la sustitución de algunas especies y de la capacidad de adaptaciones morfológicas y plásticas de otras frente a la intensidad de defoliación. En situaciones de alta intensidad, especies cespitosas y de porte erecto se ven desfavorecidas frente aquellas que presentan mecanismos de escape o mayor plasticidad, que les permite escapar del diente del animal. En situaciones contrastantes, con baja intensidad de pastoreo, pasan a dominar las especies cespitosas.

Ayala y Bermúdez (2005) agregan que a medida que se incrementa la intensidad y frecuencia de la utilización de la pastura también incrementa sensiblemente el área de suelo descubierto, así como la frecuencia de algunas hierbas enanas, las que se asocian a síntomas de degradación. Por otro lado, los mismos autores, afirman que el manejo aliviado no solo presenta un mayor aporte de las gramíneas, sino que dentro de estas hay una mayor expresión de los pastos erectos, más productivos, pero que decaen en su calidad fácilmente cuando se manejan con descansos excesivos.

La diversidad florística es relativamente baja con intensidades de pastoreos muy bajas o muy altas, y la amplitud óptima es muy estrecha. Esto fue demostrado por Carvalho et al., citados por Nabinger et al. (2011), donde se logró determinar que con una OF de 4% la diversidad florística fue baja, aumentando con ofertas de forraje más conservadores como suelen ser aquellas por encima del 8%. Este aumento de la diversidad se evidencia por la presencia de especies como *Andropogon lateralis* y *Aristida spp.* entre otras. Esa diversidad es máxima con OF alrededor del 12%. En contraposición, especies de hábito postrado como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*, *Stylosanthes montevidensis*, estuvieron asociadas a los tratamientos con menor oferta.

A medida que aumenta la carga, la presencia de las especies disminuye, lo que está asociado a una disminución del forraje disponible. En cargas medias y altas hay un efecto positivo en el método de pastoreo; sin embargo, cuando la carga excede la capacidad de la pastura es muy poco lo que se puede mejorar con el método de pastoreo. En cargas altas la presencia de especies es reducida, particularmente en pastoreos continuos (Berretta, 2005).

Trabajos realizados por Boggiano et al. (2005) demostraron cómo cambia la proporción de los diferentes grupos funcionales a medida que aumenta el período de descanso de la pastura. A medida que aumentan los períodos de descanso, se logran aumentar las especies cespitosas de interés, como *Paspalum dilatatum* y las especies invernales finas, pero también se da un aumento de especies cespitosas de menor interés como los pastos ordinarios y duros, y disminuyen las especies postradas, como *Paspalum notatum*, por competencia por luz. Por esto, los mismos autores concluyen que la respuesta del tipo vegetativo (rizomatoso, cespitoso, estolonífero, etc), se da independientemente del tipo productivo (tierno, fino, ordinario, etc.), por lo que cuando establecemos manejos de pastoreo para promover especies tierna-finas, también se favorecen especies ordinarias o duras, que responden de forma similar al ser del mismo tipo vegetativo.

2.4.3. En la producción secundaria

La carga animal actúa a través del consumo definiendo la cantidad y calidad de la biomasa removida y remanente presente en el campo. Tanto la carga como las características del forraje disponible actúan sobre el comportamiento ingestivo de los animales condicionando el desempeño individual de los mismos (Nabinger y Carvalho, 2009).

La disponibilidad global de forraje y la estructura general del pasto determinan el comportamiento ingestivo, caracterizado por la profundidad de bocado, por la tasa de bocado, por el tiempo de búsqueda y aprehensión del forraje y por el tiempo de pastoreo. Estas características asociadas con la calidad de la dieta ingerida determinan el desempeño animal individual, la cual, multiplicado por el número de animales, determina la producción por área (Nabinger y Carvalho, 2009).

Mayores niveles de OF, generan una pastura con mayor estructura y altura de forraje. Las mejoras de estructura del forraje permitieron mejorar la ingestión, reducir el tiempo de pastoreo y el desplazamiento de los animales (Scarlato, 2011), lo que permite obtener mayores niveles de consumo que los animales manejados a baja OF. En relación a esto, se concluyó que utilizar la OF como variable que regula la interacción planta-animal debería complementarse con variables que describen la estructura de la pastura, como la altura del forraje, dada su directa relación con el comportamiento en pastoreo y la performance animal.

Trabajos realizados por Do Carmo (2013) determinaron que mejoras en la OF permitieron mejorar la performance individual tanto de terneros al destete, como de vacas de cría, producto principalmente del mayor consumo de forraje y la mayor eficiencia de transformación de la energía consumida en producto animal. En la misma línea, trabajos realizados por Claramunt (2015) determinaron que, aumentar la OF permitió incrementar un 8% el consumo de materia seca, un 86% la producción de carne por vaca y un 72% la eficiencia biológica.

La respuesta en producción animal a la intensidad de pastoreo representada por la masa de forraje presente fue descrita por Maraschin et al., citados por Nabinger et al. (2000). En la misma, se determinó que la producción animal por hectárea aumenta conforme aumenta la OF, hasta un máximo que se encuentra en torno al 10% y 12% o, aproximadamente, entre 1100 y 1400 kg/ha de MS de forraje. A OF bajas, el desempeño individual es bajo, ya que la cantidad de alimento por animal es limitante para un adecuado desempeño, limitando la producción por superficie. A OF por encima del 11% los incrementos de la

ganancia individual se dan a menor ritmo, llegando a disminuir con OF superiores al 14%. Esta disminución en el desempeño individual, sumado a una menor carga, determina en una reducción en la producción por superficie. Los mismos resultados obtuvieron Moojen y Maraschin (2002) quienes determinaron que, con la reducción de la intensidad de pastoreo, con OF alrededor del 12%, se lograron alcanzar los potenciales de producción animal en pastoreo.

Cambios estacionales en la OF permitieron mejorar la producción de carne por unidad de superficie (Soares, 2002). El mejor tratamiento para producción animal y de forraje se alcanzó con niveles de 8 y 12% OF en primavera y resto del año respectivamente. La ganancia media diaria por animal fue afectada de forma positiva por el aumento de la OF, ya que los animales presentaron mayores tasas de ganancia, inclusive en el invierno. Sin embargo, este manejo podría traer consecuencias significativas a largo plazo para la producción animal, ya que es probable que ocurra menor resiembra natural de las especies de invierno, ya que su época de fructificación coincide con la de menor OF (Soares, 2002).

2.5. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO

El comportamiento animal en pastoreo puede ser modificado por distintos factores externos tanto abióticos como bióticos, así como por factores internos del animal (Bailey et al., 1996).

2.5.1. Factores abióticos

Los factores abióticos son los principales determinantes de los patrones de distribución a gran escala de los herbívoros (Bailey et al., 1996).

Cuando un animal pastorea genera reacciones instintivas y un comportamiento social, que concluye en una decisión de dónde, cómo y qué consumir. Estas reacciones les permiten seleccionar ciertos hábitats o sitios de pastoreos, los cuales son delimitados por las especies presentes, su arreglo espacial y estructura, y pueden ser divididos en parches de composición más homogénea (Stuth, 1991).

Los animales orientan su estrategia de pastoreo en torno a las fuentes de agua. Áreas localizadas a grandes distancias del agua, y sobre pendientes pronunciadas son poco utilizadas por el animal (Bailey et al., 1996). Inicialmente priorizan la búsqueda de agua y sombra, luego pastorean, rumian, evaden a los predadores y finalmente se dedican a descansar (Stuth, 1991).

Terrenos accidentados, como barrancos, pendientes pronunciadas y/o afloramientos rocosos; así como grandes concentraciones de arbustos, restringen los movimientos de los animales y la accesibilidad de áreas de pastoreo (Stuth, 1991).

2.5.2. Factores bióticos

2.5.2.1. Selectividad animal

Los herbívoros formulan su dieta con una variedad de plantas, cuya conformación final le ofrece los nutrientes que requiere (Launchbaugh y Howery, 2005). Para lograr esto, los animales, a través de la selectividad, cosechan diferentes especies de plantas y partes de las mismas con diferentes valores nutricionales. La regulación del consumo y la selectividad permite al animal mantener un balance adecuado de nutrientes de acuerdo a sus necesidades.

La selectividad es el mecanismo por el cual el animal busca cubrir sus requerimientos nutricionales desde una pastura heterogénea (Hardoy y Danelon, 1989). Una vez que la heterogeneidad es percibida por el animal, el proceso de selección de la dieta puede ocurrir en diversos niveles: en sitios de alimentación dentro de una pastura, en especies dentro de un sitio, o en órganos dentro de una planta. El nivel de selección de los animales no depende solamente de las características de las pasturas, sino también de la capacidad de selección del propio animal, así como de factores sociales y ambientales (Galli et al., 1996, Tarazona et al., 2012).

La calidad de la dieta consumida depende de la intensidad de pastoreo, esto se demostró en el trabajo realizado por Piaggio (1994) donde trabajando con OF de 5; 7,5; 10 y 12,5 % lograron determinar que el grado de selección era mayor a mayor forraje ofertado.

Por lo tanto, la calidad del forraje, determinada por el contenido de proteína cruda (PC) y la digestibilidad, tienen valores relativos, ya que los animales en pastoreo, cuando existe la oportunidad de ejercer la selectividad, puede obtener una dieta de calidad superior a la ofrecida (Stobbs, 1973).

Por otro lado, algunos autores afirman que la selectividad genera una transferencia sucesiva de presión de una especie a otra, generando sobre estas tanto efectos positivos, como negativos, siendo estos últimos los más comunes (Anderson, 1983). Es por esto que algunos investigadores recomiendan minimizar su efecto.

Como fue mencionado por Anderson (1983) la selectividad en el pastoreo es inevitable, pero es posible reducirla a niveles aceptables. Algunos autores mencionan que un cambio en el sistema de pastoreo podría amortiguar sus efectos. Tal es el caso de Leithead (1975) quien menciona que el sistema de “Alta intensidad y baja frecuencia” permite que todas las plantas sean pastoreadas con mayor uniformidad en todos los sectores del potrero, reduciendo así la selectividad y mejorando tanto la producción de forraje como la animal.

2.5.2.2. Cantidad, calidad y composición del forraje

La cantidad y calidad del forraje disponible son los principales factores que determinan el comportamiento en pastoreo de los rumiantes. El patrón diario de pastoreo, rumia y descanso puede variar en respuesta a cambios en la cantidad y calidad de la pastura.

El animal presenta la capacidad de modificar su comportamiento ingestivo en respuestas a cambios en la estructura de la pastura, modificando el peso del bocado, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo (Cangiano, 1996, Galli et al., 1996). En pasturas templadas, los tres componentes de comportamiento animal son principalmente afectados por la altura de la pastura (Hodgson, 1990).

En general, el tiempo de pastoreo aumenta a medida que disminuye la biomasa, la digestibilidad, la altura de la pastura (Galli et al., 1996).

En pasturas extremadamente bajas, el peso del bocado, la tasa de consumo y el tiempo de pastoreo declinan juntas (Allden y Whittaker, 1970, Hodgson, 1990). En contraposición, el tamaño del bocado se incrementa linealmente con incrementos en la altura de las plantas (Allden y Whittaker, 1970).

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

Trabajos realizados por Gonçalves et al. (2009a) donde se evaluó el efecto de la altura del forraje (4,8,12 y 16 cm) en los patrones de defoliación y la oportunidad de pastoreo, determinó que la estructura del campo natural afecta los mismos. El aumento de altura representa mayor dificultad en la aprehensión de las láminas foliares y dificulta la oportunidad para que los animales encuentren láminas en expansión, debido a la menor densidad de láminas foliares en los estratos superiores, a pesar de que los animales siempre buscan seleccionar

hojas más jóvenes. Alturas de campo natural extremadamente bajas, aunque presentan distribución foliar con mayor oportunidad de ser seleccionadas, dificultan la formación del bocado de los animales en pastoreo por sus reducidas alturas.

La composición de especies, morfología de plantas y calidad del forraje también afectan la distribución del pastoreo. Los herbívoros usualmente destinan el tiempo en diferentes áreas de la pastura basados en los niveles de recursos que encuentran en ella (Bailey et al., 1996). La decisión de donde pastorear está influenciada por la preferencia dietaria de los animales (Bailey et al., 1996), donde la calidad de la planta dada por su digestibilidad y proteína cruda es correlacionada positivamente con las especies de preferencia.

El tipo de pastura donde los animales pastorean afectan la performance animal de los mismos, tal como fue mencionado por Risso y Zarza (1981) quienes registraron una influencia marcada de la edad de la pastura a través del incremento del componente gramíneo sembrado y de ausencia de leguminosas con un menor producto animal.

2.5.3. Factores inherentes al animal

El tamaño o peso de los animales, su estado fisiológico y el nivel de producción condicionan tanto sus requerimientos nutricionales, particularmente de energía, como la capacidad de cosecha y de procesamiento digestivo del alimento. El conjunto de estos parámetros define la capacidad de ingestión de los animales (Parga et al., 2006).

El consumo y la selectividad dependen de los requerimientos del animal. En animales adultos, el aumento del consumo en relación al peso vivo está asociado al incremento de los requerimientos de mantenimiento y del tamaño del tracto digestivo (Rovira, 1973). En contraposición, animales jóvenes presentan menores requerimientos de mantenimiento, un rumen relativamente más chico que el de un adulto, además de una tasa de pasaje más rápida incrementando el apetito (Allison, 1985).

Animales de tamaño adulto más grande, gastan más tiempo en pastoreo. Esto se observó en vacas Angus de peso adulto de 387 kg, quienes comieron menos tiempo que otras de la misma raza de 413 kg (Rovira, 1973).

En cuanto al estado fisiológico, el mismo afecta los requerimientos de energía y por tanto la selectividad de forrajes. Animales con altos requerimientos como la lactancia y el crecimiento favorecen el consumo de forrajes ricos en energía. Rovira (1973) menciona que vacas en el último tercio de gestación y en

lactancia incrementa entre un 25-30 % sus requerimientos de mantenimiento en relación a una seca.

La rumia es la segunda actividad más importante, luego del pastoreo (Arnold y Dudzinski, 1978). La misma tiene un patrón de distribución diaria similar al de pastoreo, no obstante, desfasados en el tiempo por tratarse de actividades excluyentes. A menudo, la sesión de pastoreo es interrumpida por la rumia en condiciones extensivas, mientras que en situaciones más intensivas la misma dura más tiempo y más continua (Arnold y Dudzinski, 1978). El tiempo que el animal dedica a la rumia, en términos muy generales es alrededor de las tres cuartas partes del de pastoreo (Rovira, 1973).

El tiempo de rumia varía en función de la cantidad y digestibilidad del forraje consumido, así como del tipo de material ingerido, la especie, parte de la planta o estado de madurez, entre otros aspectos.

2.5.4. Limitantes en el consumo

Poppi et al. (1987) sugirieron que el consumo animal en condiciones de pastoreo está regulado principalmente por dos grupos de factores: los nutricionales y los no nutricionales.

El consumo animal y forraje disponible están relacionados generalmente en forma curvilínea (Figura No. 1), distinguiéndose claramente dos secciones en la curva: en la parte ascendente se ubican los factores no-nutricionales, siendo los de mayor importancia la estructura de la pastura, la conducta de pastoreo de los animales (consumo por bocado, tasa de bocados y tiempo de pastoreo) y selección, siendo en esta parte el consumo muy sensible a cambios en la oferta de forraje y altura. En la parte asintótica de la curva, los factores nutricionales tales como el valor nutricional de la pastura, el tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la concentración de productos finales de la digestión ruminal adquieren considerable importancia en determinar el consumo (Poppi et al., 1987).

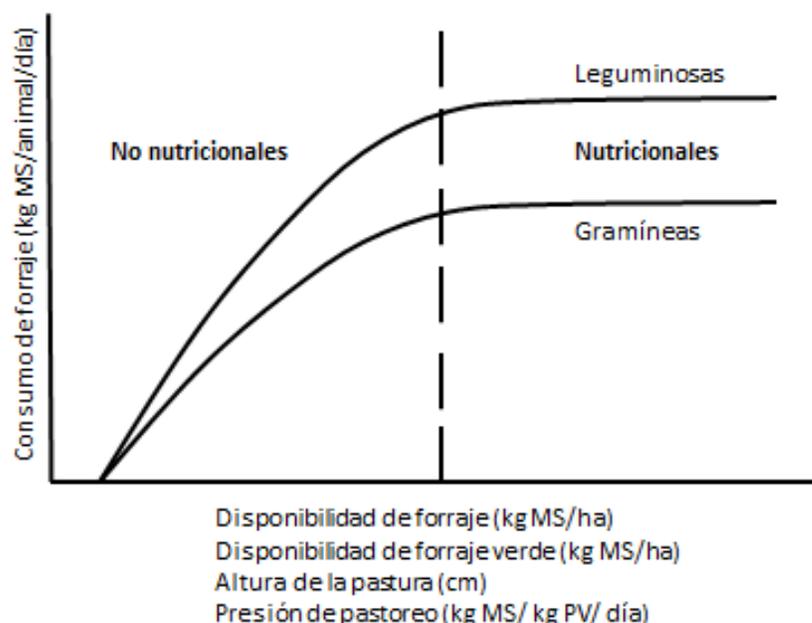


Figura No. 1. Asociaciones entre consumo animal y características y métodos de asignación de pasturas para gramíneas y leguminosas. **Fuente:** adaptado de Poppi et al. (1987).

2.5.4.1. Factores no-nutricionales

El comportamiento ingestivo de rumiantes bajo diferentes condiciones de alimentación limita el consumo (Demment y Greenwood, 1988).

Tanto la disponibilidad, la altura y la densidad del forraje inciden sobre la facilidad de cosecha y, por ende, sobre el peso de bocado y el consumo diario de los animales (Olson et al., 1989). La estructura del canopeo en estas pasturas es por lo tanto un importante factor que incide en la facilidad de aprehensión del forraje (Stobbs, 1973).

El peso del bocado es la variable del comportamiento ingestivo que mayor efecto tiene en el consumo. En pasturas de gramíneas en zonas templadas, la altura de forraje parece ser la característica de mayor incidencia sobre el peso del bocado (Hodgson, 1990). En cambio, en pasturas de zonas tropicales Stobbs (1973) encontró que la densidad foliar del canopeo y la relación hoja/tallo tenían mayor influencia que la altura.

Laca et al. (1992) demostraron que, en novillos, el peso del bocado fue afectado por la altura y por la densidad de la pastura. La relación entre el peso del bocado y la cantidad de forraje por unidad de área, depende de si la oferta de

forraje varía por cambios en la altura o en la densidad de la pastura, o por una combinación de ambas. Frente a una misma disponibilidad, los novillos obtuvieron bocados más pesados en pasturas altas y ralas, que cortas y densas.

Tal es el caso de lo presentado por Gonçalves et al. (2009b), quienes determinaron que para optimizar el consumo de ovinos y vacunos en campo natural, la altura del campo se debe mantener entre 9,5 y 11,4 cm.

La capacidad de un animal en pastoreo para mantener sus niveles adecuados de consumo, dependen de su capacidad para modificar su comportamiento ingestivo en respuesta a cambios en la estructura de la pastura. El peso del bocado es muy sensible a variaciones en la altura del forraje, y cuando este disminuye, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo tienden a aumentar, en compensación, hasta un valor crítico por debajo de la cual dicha compensación es insuficiente para evitar una caída en la tasa de consumo y en el consumo diario (Hodgson, 1990).

El comportamiento animal influye en la función del rumen a través de la selección de la dieta, tamaño de partículas e hidratación del alimento ingerido. El comportamiento ingestivo representa un compromiso entre la masticación, la cual incrementa la tasa de pasaje, y el masticado de forraje fresco que incrementa el consumo (Demment y Greenwood, 1988).

2.5.4.2. Factores nutricionales

El valor nutritivo de las pasturas se puede medir como la capacidad para aportar los nutrientes requeridos por el animal (Allen et al., 2011).

El mismo es el resultado de tres factores: el consumo de forraje por el animal, su digestibilidad y la eficiencia con que el animal lo utiliza (Hodgson, 1990). El más fácil de medir es la digestibilidad. Por esto, junto al hecho de la existencia de una relación positiva entre la digestibilidad y el consumo voluntario, se utiliza la digestibilidad como parámetro de valor nutritivo.

Las pasturas, muestran gran variación en su valor nutritivo en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta. Estas diferencias se deben, además, a las variaciones en las condiciones ambientales (suelo, clima, fertilizaciones), al material genético y al manejo.

En el caso específico de nuestras condiciones climáticas, las mismas permiten el crecimiento de una gama importante de plantas forrajeras, tanto especies de tipo templado como de tipo tropical (Carámbula, 1996).

Las plantas C4 (comúnmente llamadas también especies tropicales) tienden a presentar tasas de crecimiento y producción de materia seca mayores a las C3 (comúnmente llamadas especies templadas), pero su valor nutritivo es menor que las C3 (Carámbula, 1996).

Las diferencias en composición química de gramíneas templadas y tropicales reflejan además de una diferencia anatómica, una diferencia de composición morfológica. Las gramíneas tropicales presentan en promedio menor proporción de láminas, fracción de mayor valor nutritivo; además de una menor digestibilidad (55,4 % vs 68,2) por menor contenido de mesófilo, fibras del floema, clorénquima y epidermis (Gasser et al., 2002).

Las gramíneas perennes estivales (C4) poseen un contenido de energía neta, proteína cruda y fósforo menor que las gramíneas perennes invernales (C3). Estas características afectan notablemente la producción animal (Carámbula, 2002).

Las diferencias en valor nutritivo entre las gramíneas y leguminosas se relacionan con su composición química, con el nivel de consumo y con la utilización de los nutrientes a nivel digestivo y metabólico. En general, las leguminosas presentan mayores tasas de consumo y mayor consumo voluntario diario, explicado fundamentalmente por las tasas de degradación y de pasaje (Poppi et al., 1987).

Olson et al. (1989) determinó que un aumento en el valor nutricional de la pastura, como aumento en el % de PC, digestibilidad y disminución del contenido de fibra; se asociaron con una mayor tasa de ingestión y de bocado.

Las especies templadas presentan mayores tasas de digestión y menor resistencia a la ruptura o aprehensión por parte del animal, lo cual favorece un mayor nivel de consumo. En términos generales, las especies templadas tienen mayor valor nutritivo que las tropicales. En general, las leguminosas y las gramíneas templadas tienen menor contenido de pared celular (y la composición de esa pared celular presenta menor contenido de lignina y mayor relación celulosa/hemicelulosa) que las tropicales (Van Soest, 1994).

La digestibilidad de las pasturas naturales del Uruguay varía a través del año, pudiendo estimar un promedio de 55, 58, 62 y 50% para el otoño, invierno, primavera y verano respectivamente. Las digestibilidades por debajo del 50 % determinan que el consumo que puedan hacer los animales no sea suficiente para suplir sus necesidades de producción (García, citado por Carámbula, 1991).

El consumo animal aumenta linealmente con el incremento de la digestibilidad, hasta que esta alcanza valores cercanos al 80% (Pearson e Ison, citados por Rovira, 1973). A digestibilidades menores a 66% se limita la tasa de pasaje, mientras que, con digestibilidades mayores, el consumo de forraje es controlado por otros factores (Allison, 1985). Los forrajes con bajas digestibilidades limitan el consumo voluntario debido a su lento tránsito por el rumen y su paso por el tracto digestivo (Allen, 1996).

2.6. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

- La fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas en el campo natural aumentan la producción de forraje.
- El aumento de la producción de forraje permite aumentar la carga animal, a igual oferta.
- La introducción de leguminosas mejora la calidad de la pastura, permitiendo obtener ganancias individuales superiores al campo natural y al fertilizado.
- La fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas promueven especies de mayor valor forrajero (tipo productivo fino-tierno), lo cual mejora la calidad de la pastura aumentando la ganancia individual.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1. Localización del sitio experimental y período de evaluación

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, más precisamente en el potrero 18 de dicho sitio (32° 23' 57" latitud Sur y 58° 2' 42" longitud Oeste).

El período de evaluación estuvo comprendido entre el 17 de septiembre de 2020 y el 5 de marzo de 2021. Este período que comprende aproximadamente 6 meses y 2 estaciones (primavera y verano), fue dividido en tres sub-períodos: primavera (17/9/2020 al 14/11/2020), primavera-verano (14/11/2020 al 10/1/2021), verano (10/1/2021 al 5/3/2021).

3.1.2. Caracterización del sitio experimental

3.1.2.1. Suelos

Analizando la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976), el área abarcada por el experimento, se encuentra sobre la Unidad San Manuel. Presenta principalmente suelos de tipo Brunosoles Éútrico típicos, que se asocian con Brunosoles Éútricos Lúvicos, y Solonetz; con pendientes moderadas, y la presencia de lomadas suaves. Además, sobre Lodolitas de la formación Fray Bentos (Bossi, 1969), se desarrollan suelos accesorios como Litosoles Éútricos Melánicos y Planosoles Éútricos Melánicos (Figura No. 2).

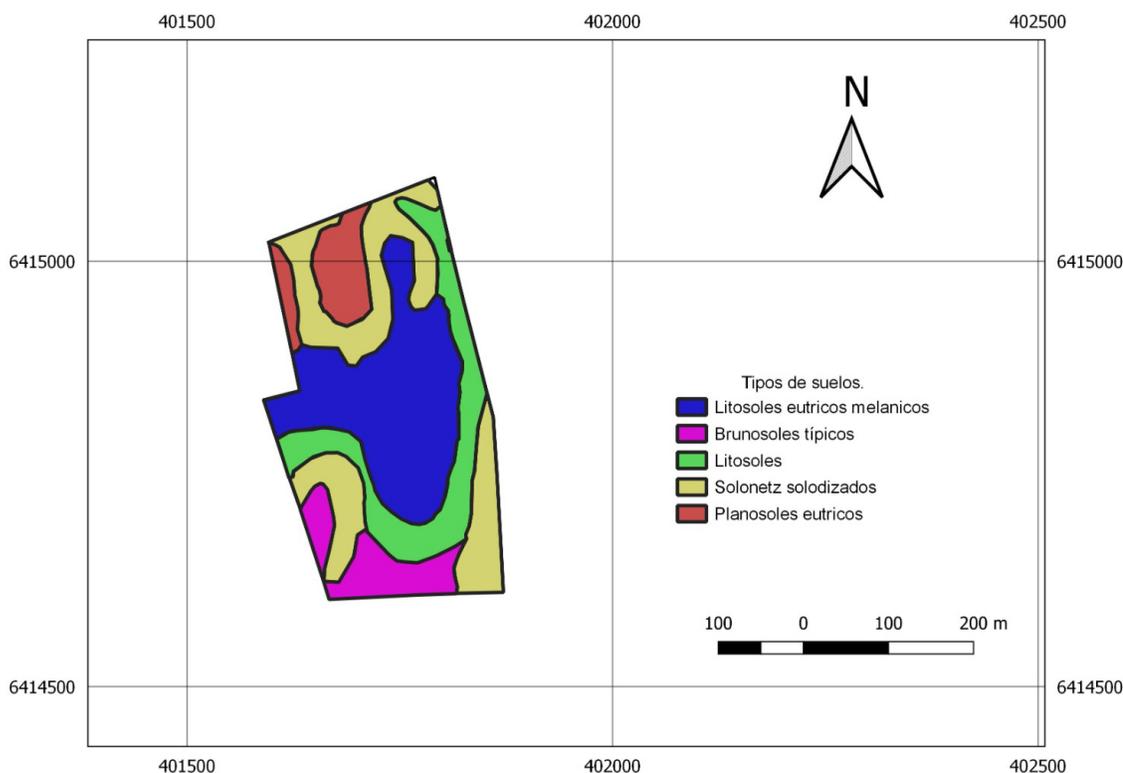


Figura No. 2. Mapa con los tipos de suelos presentes en el área experimental.

3.1.2.2. Vegetación

El sitio experimental consiste en un área caracterizada por un tapiz de campo natural virgen en vegetación de parque. Dentro de esta, se diferencia el bloque 5, el cual presenta una historia previa de fertilización con N y P (Larratea y Soutto, 2013).

La estructura vegetal del lugar, se caracteriza por la presencia de tres estratos bien definidos. El estrato alto, se encuentra dominado por especies arbustivas que son características del monte parque, fundamentalmente *Acacia caven*, y *Prosopis affinis* como asociada.

En el estrato medio, se encuentran los re-nuevos posteriores a la tala de las especies arbustivas presentes en el estrato superior, además de destacarse las malezas de campo sucio como *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eupatorium buniifolium* y *Eryngium horridum*.

Por último, se encuentra el estrato bajo, donde se divisa vegetación herbácea conformada principalmente por gramíneas; dentro de las estivales se encuentra *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, y *Paspalum plicatulum*, y dentro de las invernales, *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, y *Stipa setigera*. A su vez, existe una asociación con especies leguminosas, como *Adesmia bicolor*, *Desmodium incanum*, y *Medicago lupulina*.

3.1.2.3. Antecedentes del potrero

Zanoniani (2009) menciona que el área en estudio ha sido utilizada por más de 20 años para realizar cría de ganado vacuno, y es caracterizado como “campo virgen” dada la presencia de especies indicadoras como *Geranium albicans* y *Dorstenia brasiliensis* (Rosengurtt, 1979), así como también por la presencia de abundante *Bromus auleticus*.

El bloque 5, cuenta con una historia de fertilización con nitrógeno y fósforo y de pastoreo bajo distintos manejos de carga; posteriormente, se mantuvo pastoreando de forma homogénea y sin fertilizar hasta el año 2012, donde se comenzó una nueva evaluación con diferentes dosis de N, como parte de un experimento aparte.

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).
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).
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 5.

La siembra de *Lotus tenuis* y *Trifolium pratense* se realizó al voleo el 3 de septiembre 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.

En mayo del 2015 y 2018 se realizó una resiembra de los mejoramientos al voleo con 40 kg/ha de P₂O₅.

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 finales de invierno. La primera aplicación en 2020 se llevó a cabo en el mes de mayo y la segunda en agosto, 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 pasadas de rotativa en los meses de agosto y septiembre.

3.1.4. Animales experimentales

El experimento se realizó con vaquillonas de raza Hereford con 3 a 4 años de edad, con un peso promedio al inicio del experimento de 275 ± 60 kg peso vivo (PV). Los animales fueron asignados al azar en los diferentes tratamientos.

3.1.5. Diseño experimental

En ambos experimentos el diseño fue en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones en el espacio tanto para el experimento 1 como para 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, N60 y N120 respectivamente, abarcando un total de 7,86 ha.

Para el experimento 2 el bloque 5 fue dividido en cuatro 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. A su vez,

cada una de las parcelas mencionadas anteriormente, fue dividida a la mitad, quedando conformado el bloque por 2 tratamientos con 4 repeticiones.

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

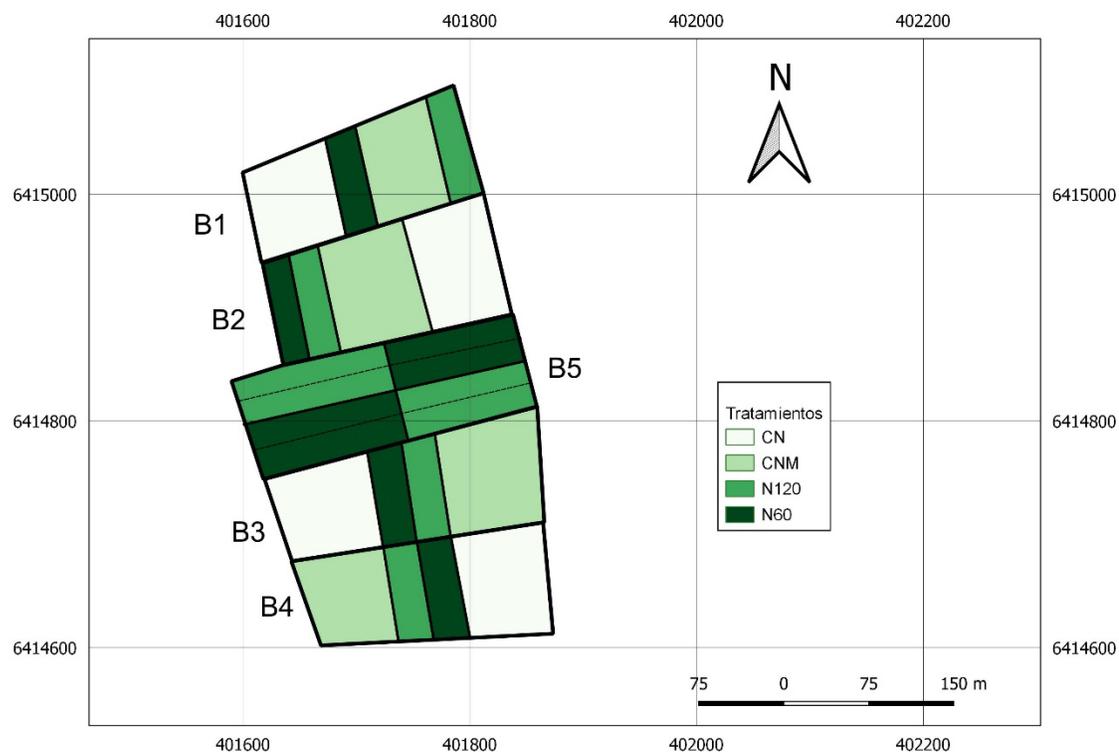


Figura No. 3. Mapa del área experimental.

3.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.2.1. Manejo del pastoreo

El método de pastoreo empleado fue rotativo, el cual se entiende por aquel manejo en el que los animales permanecen por un lapso breve de tiempo en un área disponible, y vuelven a la misma luego de un intervalo determinado.

El mismo se manejó con carga variable, como forma de ajustar la oferta (OF) a la estación del año. Se fijó una OF objetivo de 10-12 % de PV tanto para primavera como verano. Para lograr dicho objetivo, la OF se ajustó utilizando animales fijos, llamados “tester”, y animales “volantes”, según el método de “put-and-take”. Mediante la determinación de los kg de materia seca disponibles, el

período de pastoreo y las OF objetivo, se estimó los kg de PV necesario para lograr estas OF, y se ajustó la carga agregando o sacando animales conforme fuera necesario.

Este método permitió tener intensidades de pastoreo uniformes entre tratamientos, ya que esta es producto de la carga animal, por lo que el ajuste de la OF generó que la intensidad sea igual entre diferentes disponibilidades de forraje.

Los ciclos de pastoreo fueron de 60 días, de los cuales 15 días fueron de pastoreo y 45 de descanso.

3.2.2. Determinación de la producción primaria

3.2.2.1. Materia seca presente

Para determinar la producción de materia seca, también conocida como producción primaria, se utilizó el método de rendimiento comparativo también llamado “Método del rendimiento comparativo de Haydock y Shaw (1975)”, el cual permite medir visual y directamente (a través de cortes) la masa de forraje disponible en el campo a través de 5 escalas de referencia, las cuales se determinan tanto por la altura como por la densidad del pasto. Las medidas se realizaron antes del ingreso de los animales a las parcelas (disponible) y después de la salida (remanente) de las mismas, utilizando un círculo como unidad de muestreo. En este trabajo en particular, el mismo tenía un área de 0,12 m². El número de muestras por parcelas fue de 30 y 60 en las de menor y mayor tamaño respectivamente.

A la hora de implementar este método primero se seleccionó y marco en las parcelas un área de bajo rendimiento, es decir, con poca masa de forraje, correspondiente a la escala 1; y otra de mayor rendimiento correspondiente a la escala 5. Luego se seleccionó la escala 3 en un nivel intermedio entre la escala 1 y 5. Habiendo identificado los niveles de forraje alto, medio y bajo (escala 5, 3 y 1), se procedió a identificar la escala 2 (intermedio entre 1 y 3) y la escala 4 (intermedio de 3 y 5).

Una vez determinada la escala, se recorrían las parcelas de forma sistemática para realizar la evaluación. Cada 10 pasos se depositaba el círculo y se le asignaba un valor de escala en función a las de referencia. En ese momento también se tomaba los valores de altura, la cual se realizaba en el centro del círculo tomando como criterio la hoja más alta que tocaba la regla graduada; y también se determinaba la contribución porcentual de las diferentes especies y/o

fracciones pre-establecidas al forraje presente a través del método Botanal (Tothill et al., 1992).

Una vez terminada la evaluación visual, se realizaron 3 cortes por cada punto de la escala en cada tratamiento obteniéndose así 15 muestras por tratamiento, sumando un total de 45 muestras (15 muestras por 3 tratamientos), las cuales se pesaba en verde y luego se secaban en una estufa de ventilación forzada, a una temperatura de 65° C, por 72 horas, hasta obtener un peso constante de la misma.

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 (R^2), siendo en este caso las de altura. Se utilizaron los parámetros a y b obtenidos en la ecuación de regresión, en la planilla de Botanal, y se obtuvieron los kg/ha de materia seca presente en cada parcela y por grupo de especie evaluada, y su contribución en %.

Para determinar las ecuaciones de regresión a utilizar, se procedió a tomar para cada tratamiento, la totalidad de las mediciones por estación, y así generar una única regresión que fue analizada mediante ANAVA, para evaluar su significancia. Habiendo confirmado que la regresión es significativa, y descartando la probabilidad de existir problemas de estructura en las mediciones mediante el gráfico de residuos, se analizó la significancia del intercepto para un 95% de confianza, eliminándolo en caso de no ser significativo, mostrando la necesidad de repetir el ANAVA (en este caso con intercepto "0") y así llegar a una ecuación de regresión de tipo " $y=bx$ ". Posteriormente, se repite el procedimiento para todos los tratamientos, y en caso de que los intervalos de confianza (al 95%) del valor "b" dentro de cada estación se superpongan, es posible unir todos los datos conformando la ecuación de regresión final. En este caso, se llegó a dos ecuaciones por período; una para los tratamientos de CN y CNM, y otra para los dos tratamientos bajo fertilización nitrogenada.

También se hicieron medidas de alturas extras en cada una de las parcelas, 50 y 30 medidas en las parcelas de mayor y menor tamaño respectivamente, las cuales se utilizaron en la estimación de la masa de forraje.

3.2.2.2. Materia seca producida

La producción de forraje o materia seca producida (MS Prod.) corresponde al forraje producido en cada ciclo de pastoreo. Este dato se obtuvo multiplicando la tasa de crecimiento (TC) por los 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 ($TC \times \text{días de pastoreo}$).

3.2.2.5. Materia seca remanente

La materia seca remanente (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 las parcelas con mayor área se tomaron 110 valores de altura (60 junto con el botanal y 50 tomadas de forma sistémica), mientras que en las parcelas menores se registraron 60 valores de altura (30 junto con el botanal y 30 tomadas de forma sistémica).

3.2.2.7. Materia seca desaparecida

La MS desaparecida (MS Des.) se calculó como la diferencia entre la materia seca disponible al inicio del pastoreo (MSD) y la materia seca remanente al fin del pastoreo (MSR).

3.2.3. Determinación de composición botánica

La determinación de la composición botánica se realizó a través del método Botanal (Tohill et al., 1992), el cual permite la determinación de la contribución porcentual al forraje presente de especies y/o grupos de especies previamente establecidas. Estos grupos de formas según características de ciclo de producción, tipo productivo, tipo vegetativo y hábito de vida. En este caso en particular se establecieron 15 especies y grupos de especies las cuales fueron: 1- *Lolium multiflorum*, 2- *Stipa setigera*, 3- Gramíneas perennes invernales tierna-ordinarias, 4- *Paspalum dilatatum*, 5- *Paspalum notatum*, 6- Gramíneas perennes

estivales tierna-ordinarias, 8- Gramíneas perennes invernales ordinaria-duras, 9- Gramíneas anuales invernales, 10- Malezas, 11- Leguminosas, 12- Ciperáceas, 13- Restos secos, 14- *Axonopus affinis*, 15- Gramíneas perennes invernales finas.

Se evaluó, además, el área de suelo descubierto, el área de mantillo y la cobertura de malezas de campo sucio (MCS).

En el análisis experimental no se tuvo en cuenta las fracciones gramínea perenne invernales ordinaria-dura, gramínea anual invernales, *Axonopus affinis* y ciperáceas ya que el aporte de las mismas a la masa de forraje fue menor al 3,5 %.

3.2.4. Determinación de la producción secundaria

3.2.4.1. Peso vivo

Para determinar los pesos, se realizaron pesadas, con balanza electrónica, de los animales cada 30 días con un ayuno previo de 12 horas, a efectos de minimizar el error que resulta de las variaciones por llenado diferencial del tracto digestivo.

3.2.4.2. Carga

La carga se calculó como el promedio de kg de PV entre la entrada y salida a la parcela. Para la carga total del sistema por unidad de superficie se dividió la carga entre la sumatoria del área de las cuatro parcelas correspondientes a cada tratamiento (CT), mientras que la carga instantánea (CI) se dividió la carga entre la superficie de la parcela que estaba siendo pastoreada.

3.2.4.3. Ganancia media diaria

La ganancia media diaria de los animales (GMD) se estimó 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 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 extrapola 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 en kg por cada 100 kg de PV.

3.3. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

3.3.1. Experimento 1

- Efecto tratamiento

- Ho: $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4$
- Ha: existe al menos un $\tau_i \neq \tau_i'$

- Efecto período

- Ho: $P_1 = P_2 = P_3$
- Ha: existe al menos un $P_k \neq P_k'$

- Efecto interacción tratamiento x período

- Ho: $\tau P_{11} = \tau P_{12} = \tau P_{13} = \tau P_{21} = \tau P_{22} = \tau P_{23} = \tau P_{31} = \tau P_{32} = \tau P_{33} = \tau P_{41} = \tau P_{42} = \tau P_{43}$
- Ha: existe al menos una $(\tau P)_{ik} \neq (\tau P)_{ik}'$

- Contrastes ortogonales

1. ¿Hay efectos en la intervención del campo natural?

- Ho: $\tau_1 = \frac{1}{3} (\tau_2 + \tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau_1 - \frac{1}{3} \tau_2 - \frac{1}{3} \tau_3 - \frac{1}{3} \tau_4 = 0$
- Ha: $\tau_1 \neq \frac{1}{3} (\tau_2 + \tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau_1 - \frac{1}{3} \tau_2 - \frac{1}{3} \tau_3 - \frac{1}{3} \tau_4 \neq 0$

2. Si se hace intervención en el CN, ¿hay efectos en el tipo de intervención (introducción de leguminosas o fertilización nitrogenada)?

- Ho: $\tau_2 = \frac{1}{2} (\tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau_2 - \frac{1}{2} \tau_3 - \frac{1}{2} \tau_4 = 0$

- Ha: $\tau_2 \neq \frac{1}{2} (\tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau_2 - \frac{1}{2} \tau_3 - \frac{1}{2} \tau_4 \neq 0$

3. Si se hace fertilización nitrogenada, ¿existe efecto en la dosis aplicada?

- Ho: $\tau_3 = \tau_4 \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau_3 - \tau_4 = 0$

- Ha: $\tau_3 \neq \tau_4 \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau_3 - \tau_4 \neq 0$

3.3.2. Experimento 2

● Efecto tratamiento dosis.

- Ho: $D_1 = D_2$

- Ha: existe al menos un $D_i \neq D_i'$

● Efecto tratamiento historia de fertilización.

- Ho: $H_1 = H_2$

- Ha: existe al menos un $H_j \neq H_j'$

● Efecto período

- Ho: $P_1 = P_2 = P_3$

- Ha: existe al menos un $P_k \neq P_k'$

● Efecto interacción dosis x historia de fertilización

- Ho: $DH_{11} = DH_{12} = DH_{21} = DH_{22}$

- Ha: existe al menos una $(DH)_{ij} \neq (DH)_{ij}'$

● Efecto interacción dosis x período

- Ho: $DP_{11} = DP_{12} = DP_{13} = DP_{21} = DP_{22} = DP_{23}$

- Ha: existe al menos una $(DP)_{ik} \neq (DP)_{ik}'$

● Efecto interacción historia de fertilización x período

- Ho: $HP_{11}=HP_{12}=HP_{13}=HP_{21}=HP_{22}=HP_{23}$
- Ha: existe al menos una $(HP)_{jk} \neq (HP)_{jk}'$
- Efecto interacción dosis x historia de fertilización x período
- Ho: $(DHP)_{ijk} = (DHP)_{ijk}'$
- Ha: existe al menos una $(DHP)_{ijk} \neq (DHP)_{ijk}'$

3.4. MODELO ESTADÍSTICO

3.4.1. Producción primaria y características de la pastura

3.4.1.1. Experimento 1

El modelo experimental para el total del período evaluado corresponde a un diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas, representado como:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \delta_{ij} + P_k + (\tau P)_{ik} + \xi_{ijk}$$

Siendo:

- Y= variable de interés.
- μ = media general.
- τ_i = efecto de la i-ésimo tratamiento.
- β_j = efecto del j-ésimo bloque.
- δ_{ij} : error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .
- P_k = efecto del k-ésimo período.
- $(\tau P)_{ik}$ = interacción tratamiento por período.
- ξ_{ijk} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ijk} .

El modelo estacional corresponde a un diseño en bloques al azar (DBCA), representado como:

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

Siendo:

- Y= variable de interés.

- μ = media general.
- τ_i = efecto de la i-ésimo tratamiento.
- β_j = efecto del j-ésimo bloque.
- ξ_{ij} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Para ambos modelos 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%. También se realizaron contrastes ortogonales.

3.4.1.2. Experimento 2

El modelo experimental para el total del período evaluado corresponde a un diseño en bloques completos al azar con parcelas subdivididas, representado como:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_l + H_i + \xi_a + D_j + (DH)_{ij} + \xi_b + P_k + (DP)_{ik} + (HP)_{jk} + (DHP)_{ijk} + \xi_{ijkl}$$

Siendo:

- Y = variable de interés.
- μ = media general.
- D_j = efecto de la j-ésima dosis.
- H_i = efecto de la i-ésima historia de fertilización.
- P_k = efecto del k-ésimo período.
- β_l = efecto del l-ésimo bloque.
- $(DH)_{ij}$ = efecto entre la interacción de la i-ésima dosis y la j-ésima historia de fertilización.
- $(DP)_{ik}$ = efecto entre la interacción entre la i-ésima dosis y el k-ésimo período.
- $(HP)_{jk}$ = efecto de la interacción entre la j-ésima historia de fertilización y el k-ésimo período.
- $(DHP)_{ijk}$ = efecto de la interacción entre la i-ésima dosis, la j-ésima historia de fertilización y el k-ésimo período.
- ξ_a = error aleatorio asociado a la interacción bloque por historia.
- ξ_b = error aleatorio asociado a la interacción bloque por dosis
- ξ_{ijkl} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ijkl} .

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%.

3.4.2. Producción secundaria

El modelo estadístico corresponde a un diseño completo al azar (DCA) con parcelas divididas en el tiempo, representado como:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \tau_i + \beta_1 PVI_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

- Y_{ijk} : variable de interés.
- β_0 : media general corregida por la covariable.
- τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento.
- β_1 : coeficiente de regresión de la covarianza PI.
- PVI_{ij} : peso vivo inicial.
- ε_{ij} : 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 al inicio de la evaluación, y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con una probabilidad de 10%. También se realizaron contrastes ortogonales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1. Temperatura y precipitaciones

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 2002-2018; así como las precipitaciones mensuales del período evaluado y el promedio de la serie histórica 2002-2018.

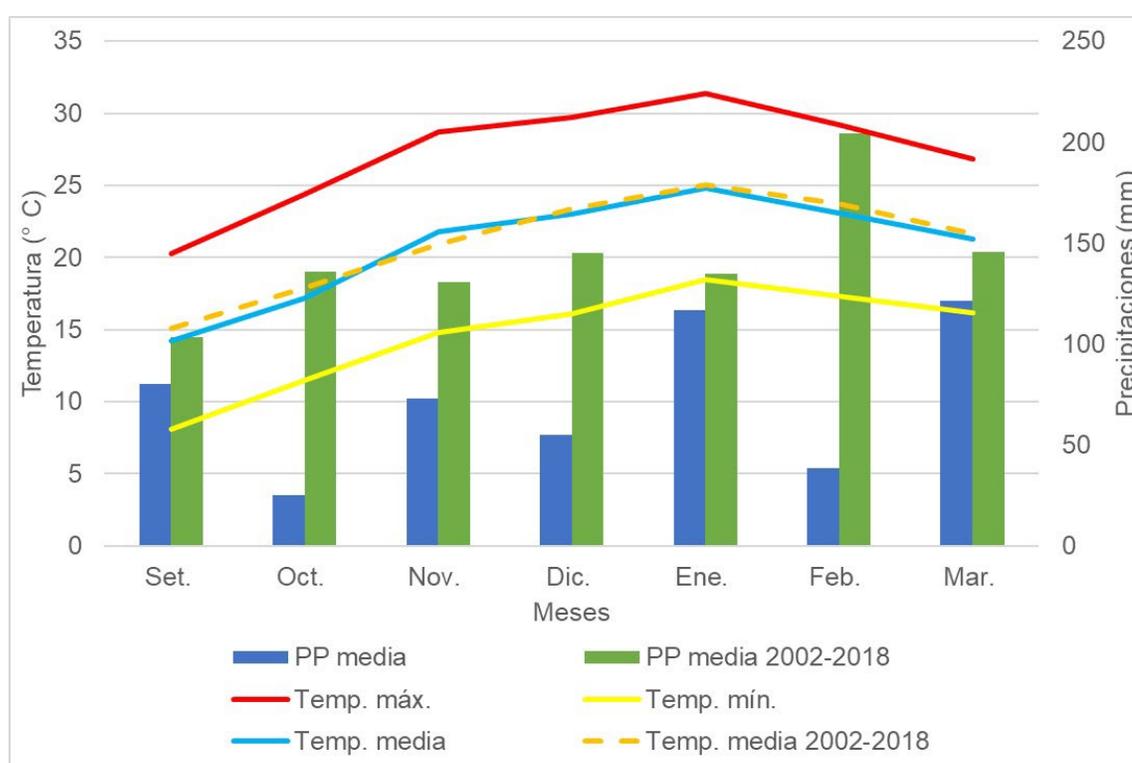


Figura No. 4. Temperatura máxima, mínima y media entre septiembre 2020 y marzo de 2021 y las medias de los mismos meses del período 2002-2018, así como las precipitaciones medias para los mismos períodos.

En cuanto a la temperatura, como se puede observar en la Figura No. 4, la temperatura promedio del período evaluado fue similar a la de la serie histórica 2002-2018, con temperaturas algo mayores (0,9 °C) en el mes de noviembre y temperaturas un poco menores para los meses de septiembre, octubre, diciembre, enero, febrero y marzo (0,2 a 1,1 °C).

Por otro lado, en relación a las precipitaciones se puede observar (Figura No. 4) una notoria diferencia entre las precipitaciones del período evaluado y la serie histórica. En el total del período estas fueron inferiores a la media histórica, dándose la mayor diferencia en los meses de octubre, diciembre y febrero, donde las lluvias fueron un 82, 62 y 81 % inferiores a la media histórica respectivamente.

4.1.2. Balace hídrico

Utilizando el registro de precipitaciones, la evapotranspiración potencial, el índice de cultivo y la capacidad de almacenaje de agua del suelo (CAAD) del sitio experimental, se realizó un balance hídrico Thornthwaite-Mather para el período¹ de enero de 2020 - 31 de marzo de 2021, teniendo éste, inmerso el período de evaluación. Según Molino (2009), la capacidad de almacenamiento de agua para los suelos de la zona experimental (CONEAT 11.3) es de 86 mm. Se tomó como punto de partida el 40% de la capacidad de almacenaje de agua del suelo ya que, por debajo de este valor, el suelo retiene al agua de tal forma que dificulta la absorción por parte de las plantas.

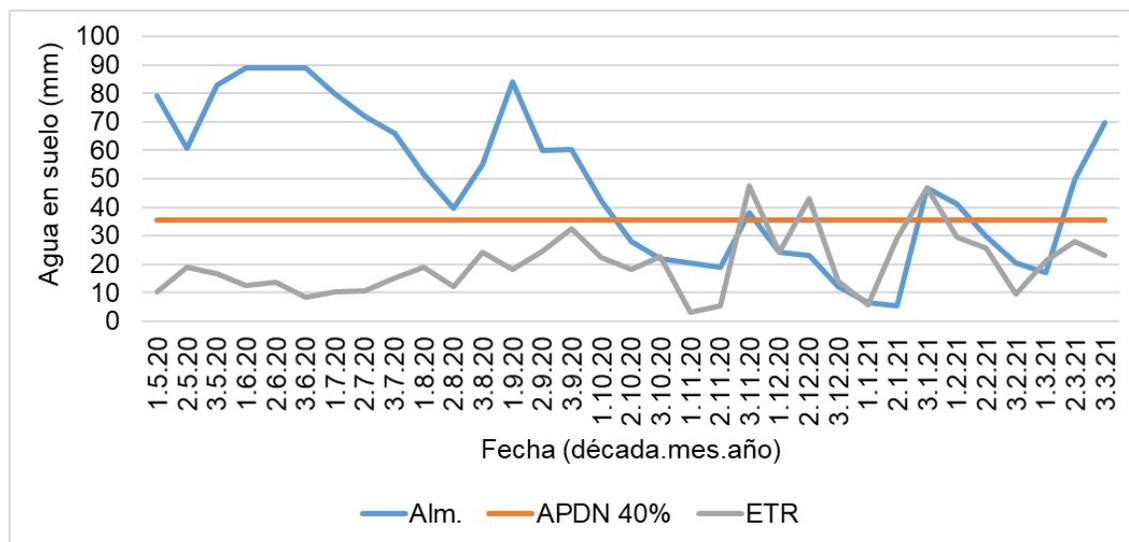


Figura No. 5. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm.) y evapotranspiración real (ETR) con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%).

Del análisis de este balance hídrico podemos extraer que se comenzó el período de evaluación el 17 de septiembre con el suelo a un 95% de su capacidad de almacenaje. A partir de este momento, la situación hídrica comenzó a ser cada vez más crítica, ya que desde la segunda década de septiembre hasta la primera década de marzo solamente llovieron 359 mm cuando el cultivo requería 698 mm. Esta situación generó que el almacenaje de agua del suelo se reduzca hasta 19% del CAAD, llegando en la segunda década de enero a la peor situación hídrica, teniendo como almacenaje tan solo el 5% del CAAD. Todo lo anterior llevó a que se genere una deficiencia de 274 mm en la totalidad del período de evaluación. Sin embargo, en algunos momentos puntuales, tales como las terceras décadas de septiembre, noviembre y enero las precipitaciones fueron suficientes para cubrir los requerimientos del cultivo y recargar parcialmente el suelo.

4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1

4.2.1. Producción primaria y características de la pastura

Las variables de la pastura fueron analizadas en función del efecto tratamiento, período y su interacción (Cuadro No. 6). En relación con el efecto del tratamiento se puede observar que todas las variables estudiadas con excepción de MSR y AltR. fueron significativas a dicho efecto.

Por otro lado, en cuanto al efecto período y la interacción (tratamiento x período), ninguna de las variables estudiadas fue significativa a dichos efectos.

Cuadro No. 6. Resumen de la significancia estadística a los distintos efectos evaluados y los tres contrastes sobre las variables de producción primaria y características de la pastura para el total del período de evaluación para el experimento 1.

Variable	Efecto Tratamiento	Efecto Período	Efecto Interacción Tratamiento x Período	Contrastes		
				1	2	3
MS Prod. (kg/ha)	***	ns	ns	ns	***	ns
TC (kgMS/ha/día)	***	ns	ns	ns	***	ns
MSD (kg/ha)	**	ns	ns	*	***	ns
AltD (cm)	**	ns	ns	**	**	ns
MSR (Kg/ha)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AltR (cm)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MS Des. (Kg/ha)	***	ns	ns	**	***	ns

ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

En cuanto a los contrastes ortogonales, como se puede observar en el Cuadro No. 6, hay una gran variación en cuanto a los resultados obtenidos en las distintas variables estudiadas.

En el contraste 1, donde se compara el tratamiento con ningún tipo de intervención (CN) con los que sí tienen (CNM, N60, N120), se pueden detectar diferencias significativas en las variables MSD, AltD, y MS Des., siendo las demás variables no significativas.

En el contraste 2, donde se compara el tratamiento CNM contra los nitrogenados (N60 y N120) se puede observar que todas las variables estudiadas presentaron diferencias significativas, con excepción de MSR y AltR.

En el contraste 3, en el cual se compara la dosis de nitrógeno a utilizar (N60 vs N120), no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables estudiadas.

4.2.1.1. Total del período

A continuación, se presentan los resultados de producción primaria y características de la pastura del total del período de evaluación.

Cuadro No. 7. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período en el experimento 1.

Tratamientos	MS Prod. (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CN	4.597 bc	25 bc
CNM	3.633 c	20 c
N60	6.291 ab	34 ab
N120	6.777 a	37 a

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

En el total del período se observa que tanto para la MS Prod. ($p=0,009$) como para la TC ($p=0,006$) el tratamiento N120 fue significativamente mayor que los tratamientos CN y CNM, sin denotar diferencias significativas con el tratamiento N60. Además, el tratamiento N60 fue significativamente mejor que el tratamiento CNM, sin mostrar diferencias significativas con el tratamiento CN.

Los resultados obtenidos en cuanto a la MS Prod. por los tratamientos N120 y N60 coinciden con lo expuesto por Bemhaja (1994), quien afirma que la producción de forraje puede ser aumentada por encima del 50% cuando las deficiencias de N son cubiertas.

Además, el hecho que no existan diferencias significativas en cuanto a la producción de forraje refiere entre los tratamientos N60 y N120, coincide con lo obtenido por Ayala y Carámbula (1994), quienes observaron que no hay diferencias significativas entre el agregado de 40 y 80 kg N/ha. Por lo tanto, esto redundaría en menores eficiencias de utilización del nitrógeno cuanto mayor es la dosis.

El tratamiento N60 fue el que presentó mayor eficiencia, siendo ésta de 28 kgMS/ha por kg de N, a diferencia del tratamiento N120, el cual obtuvo una eficiencia de 18 kgMS/ha por kg de N. De todos modos, estas eficiencias, estuvieron por encima de las obtenidas por Ayala y Carámbula (1994) quienes encontraron eficiencias entorno a los 14 kgMS/ha por kg de N, en el período primavera-verano y por debajo de las obtenidas por Álvarez et al. (2013), quienes encontraron una respuesta anual de 46 kgMS/ha por kg de N.

Por otro lado, la MS prod. por parte del tratamiento CNM fue 21% menor a la producida por el tratamiento CN, lo cual no coincide con lo encontrado por Berretta (1998b) quien afirma que la mejora en producción de un campo natural mejorado con leguminosas puede llegar a ser entre un 50 y un 100%, en relación al mismo campo natural sin introducción de leguminosas. Esto puede estar explicado por las bajas TC registradas en el tratamiento CNM y las altas TC registradas en el tratamiento CN en función a las obtenidas por Bemhaja (1998a), quien registró tasas de crecimiento de 31 kgMS/ha/día en CNM y de 16 kgMS/ha/día aproximadamente en CN para los períodos de primavera y verano.

Cuadro No. 8. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el total del período en el experimento 1.

Tratamientos	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
CN	2.691 b	15 c	1.390	8	1.308 b
CNM	2.572 b	17 bc	1.467	11	1.105 b
N60	3.367 ab	21 ab	1.109	9	2.258 a
N120	3.608 a	22 a	1.183	10	2.425 a

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

Para el total del período, se encontró diferencias estadísticamente significativas para la variable MSD ($p= 0,0248$), AltD ($p= 0,0153$) y MS Des. ($p=0,0024$) entre los tratamientos N120, CN y CNM. Mientras que para N60 la diferencia estadísticamente significativa con CN y CNM, se observó solamente en MS Des.

En cuanto a las demás variables (MSR: $p= 0,3554$; AltR: $p= 0,5425$) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos en el total del período.

Tomando como referencia lo citado por Álvarez et al. (2013) quienes determinaron que el forraje producido es la variable que más explica el forraje disponible a lo largo del año. Es esperable la diferencia estadísticamente significativa tanto en MSD como en AltD, ya que la MS Prod. fue diferente entre tratamientos.

En cuanto a la MS Des., la diferencia significativa que esta presenta entre tratamientos, se debe a que, si bien hubo diferencia significativa en MSD, no fue así en MSR, lo que supone una mayor cantidad de MS Des. en aquellos tratamientos con mayor MSD. La mayor MS Des. se observa en los tratamientos nitrogenados (N60 y N120), que como bien afirma Lemaire (1997), si la pastura fertilizada no es defoliada activamente en un período de tiempo menor a lo que demora el promedio de la comunidad de especies en expandir sus hojas, la

cantidad de tejido perdido por senescencia será mucho mayor que si la pastura no es fertilizada. Por lo que estos mayores valores de MS Des., estarían explicados por una mayor senescencia, vuelco y pisoteo, y no necesariamente por un mayor consumo.

4.2.1.2. Primavera

A continuación, se presentan los resultados de producción primaria y características de la pastura para el período primavera.

Cuadro No. 9. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el período primavera en el experimento 1.

Tratamientos	MS Prod. (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CN	1.149 b	19 b
CNM	1.270 b	21 b
N60	2.243 ab	37 ab
N120	2.795 a	46 a

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

Se observaron diferencias significativas tanto para MS Prod. ($p= 0,0219$) como para TC ($p= 0,0214$) entre los tratamientos N120, CN y CNM en primavera.

La MS Prod. y la TC del tratamiento N120 son alrededor 140 % superior a la del CN, lo cual superó ampliamente lo reportado por Rodríguez Palma et al. (2009) quienes hallaron tasas de crecimiento 46% mayores a las del campo natural, fertilizado con 100 kg/ha de N.

Larratea y Soutto (2013) obtuvieron en el mismo período, tasas de crecimiento de 31,8 y 25,6 kg/ha/día para tratamientos N114 y N60 respectivamente.

Los valores de MS Prod. en N120 son menores a los que determina el modelo propuesto por Álvarez et al. (2013) para primavera, el cual estima una

producción promedio de 3561,55 kg con dosis de 120 kg N y OF promedio de 9,25 %.

En cuanto a la MS Prod. por el CNM, la misma está por debajo de lo reportado por Risso et al. (2002) el cual registra valores de 2705 kg/ha en esta estación. Del mismo modo, se obtuvieron TC por debajo de las registradas por Bemhaja (1998a) para CNM, las cuales reportaban valores de 31 kg/ha/día.

Cuadro No. 10. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el período primavera en el experimento 1.

Tratamientos	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
CN	2.354 b	13 c	1.489	9	888 bc
CNM	2.662 ab	15 bc	1.920	12	741 c
N60	3.898 ab	23 ab	1.060	10	2.838 ab
N120	4.481 a	25 a	1.151	11	3.329 a

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MSD ($p= 0,043$), AltD ($p= 0,01$) y MS Des. ($p= 0,0153$) para los diferentes tratamientos en primavera.

En cuanto a la variable MSD, hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos N120 y CN. En promedio N120 fue un 90% superior al CN. Esta mayor producción primaveral de los tratamientos nitrogenados se debe según Boggiano et al. (2005) y Zanoniani et al. (2011) al cambio en la composición botánica producto de la fertilización otoñal con nitrógeno. Estos cambios en la composición del forraje, se muestran con el aumento en la proporción de la materia seca disponible que es explicada por especies invernales, en concordancia con lo expuesto por Ayala y Carámbula (1994), Berretta y Bemhaja (1991), Berretta (1998a), Berretta y Levratto (1990), Berretta et al. (1998a), Montossi et al. (2000), Rodríguez Palma et al. (2004), y Zanoniani (2009).

En cuanto a las MS Des. se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos N60, N120 y CNM. Los tratamieto nitrogenados llegan casi cuadruplicar los valores obtenidos en CNM, lo cual está dado, por un lado, a la mayor intensidad de pastoreo de los tratamientos nitrogenados (N60: 7% OF; N120: 8% OF; CNM: 10,5% OF) en este período; y por otro a la mayor pérdida por pisoteo, vuelco y senescencia.

4.2.1.3. Primavera-verano

A continuación, se presentan los resultados de producción primaria y características de la pastura para el período primavera-verano.

Cuadro No. 11. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el período primavera-verano en el experimento 1.

Tratamientos	MS Prod. (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CN	1.618	27
CNM	1.372	23
N60	2.878	48
N120	3.021	51

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

No se observaron diferencias significativas en MS Prod. ni en TC entre los tratamientos en el período primavero-estival.

Pese a que el análisis estadístico no detectó diferencias significativas, se puede observar cómo en términos absolutos la producción de materia seca de los tratamientos nitrogenados, así como la tasa de crecimiento de los mismos, presenta valores considerablemente superiores a los que muestran las mismas variables en los tratamientos CN y CNM, sin demostrar diferencias importantes tanto entre los tratamientos CN y CNM como entre los tratamientos N60 y N120.

Cuadro No. 12. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el período primavera-verano en el experimento 1.

Tratamientos	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
CN	2.837	18	1.052	8	1.784
CNM	2.884	20	1.425	11	1.459
N60	3.938	23	1.396	10	2.541
N120	4.172	24	1.497	11	2.675

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

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MSD, AltD, MSR, AltR, MS Des. para los diferentes tratamientos en el período primavera-verano.

En términos absolutos la MSD reportada para los tratamientos nitrogenados, tiende a ser aproximadamente un 40% mayor que en los tratamientos CN y CNM; siendo la MSR muy similar en todos los tratamientos excepto CN, el cual muestra valores levemente menores, lo que genera más kg MS Des. en aquellos tratamientos con mayor MSD. La mayor MS Des. se observa en los tratamientos nitrogenados (aprox. 60% mayor que CN y CNM), que como fue explicado anteriormente en el apartado "Producción primaria - Total del período", estarían explicados por una mayor senescencia y vuelco, y no necesariamente por un mayor consumo.

4.2.1.4. Verano

A continuación, se presentan los resultados de producción primaria y características de la pastura para el período verano.

Cuadro No. 13. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) para el período verano en el experimento 1.

Tratamientos	MS Prod. (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CN	1.829	28
CNM	991	15
N60	1.171	18
N120	962	15

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

No se observaron diferencias significativas en MS Prod. ($p= 0,128$) ni en TC ($p= 0,122$) entre los tratamientos en verano. Sin embargo, en términos absolutos, en CN la MS Prod. y la TC llegan a ser casi el doble que las de los tratamientos CNM y N120.

La menor MS Prod. de los tratamientos nitrogenados con relación al CN, puede estar dado por las condiciones ambientales que se dieron en este período, registrando en la segunda década de enero la peor situación hídrica. Tal como fue mencionado por Rebuffo (1994) la eficiencia en la utilización del nitrógeno está condicionada tanto por un exceso como por una falta de lluvia lo que perjudica la utilización de este y como consecuencia disminuye la eficiencia de uso, es por esto que el déficit hídrico en este período podría estar afectando la eficiencia de utilización de nitrógeno, traduciéndose esto en una menor MS Prod. Por otro lado, la dominancia de especies anuales invernales en los tratamientos nitrogenados, podría estar explicando esta menor producción estival, ya que estas finalizaron su ciclo y su aporte de forraje verde es básicamente nulo. En el caso del CNM la MS Prod. en este período es considerablemente menor a la obtenida por Risso et al. (2002) en CNM (Trébol blanco + Lotus) para la zona de cristalino, que, si bien son zonas y especies diferentes, permite dar idea de los niveles de producción. Esta menor producción puede estar explicada por la baja

implantación del mejoramiento (Gallinal et al., 2016), sumado además al déficit hídrico lo que pudo limitar la producción.

Cuadro No. 14. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) para el período verano en el experimento 1.

Tratamientos	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
CN	2.882	14	1.628 a	8	1.253
CNM	2.169	15	1.055 b	8	1.114
N60	2.264	17	871 b	7	1.393
N120	2.171	17	900 b	8	1.271

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

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MSD, AltD, AltR, MS Des. para los diferentes tratamientos en verano.

Sin embargo, en cuanto a MSR sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas. El CN presenta valores, los cuales casi duplican los obtenidos en los tratamientos nitrogenados (N60 y N120). Esta diferencia podría estar dada por presentar diferentes intensidades de pastoreo (CN: 11 %OF; N60: 5 % OF; N120: 4 %OF) en este período.

4.2.2 Composición botánica:

La composición botánica de la pastura fue analizada en función del efecto tratamiento, período y su interacción tanto para el disponible como para el remanente (Cuadros No. 15 y 16).

Como se puede observar en el Cuadro No. 15, para el efecto tratamiento en el disponible, se encontraron diferencias significativas para *Lolium multiflorum* (%), *Paspalum dilatatum* (%), gramíneas perennes estival ordinaria-dura (%), leguminosas (%), suelo desnudo (%) y mantillo (%). Mientras que para el efecto período, la gran mayoría de las variables en estudios dieron diferencia significativa, a excepción de *Stipa setigera* (%), gramíneas perennes estivale tierna-ordinaria (%) y leguminosas (%).

Cuadro No. 15. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del disponible en el experimento 1.

Variable	Efecto Tratamiento	Efecto Período	Efecto Interacción Tratamiento x Período	Contrastes		
				1	2	3
MV (%)	ns	*	ns	ns	ns	ns
RS (%)	ns	*	ns	ns	ns	ns
Lolium. (%)	***	***	*	***	ns	ns
S.set. (%)	ns	ns	**	ns	ns	ns
GPI (TO) (%)	ns	ns	ns	*	ns	ns
P. dilat. (%)	*	***	ns	ns	**	ns
P. not. (%)	ns	***	ns	ns	**	ns
GPE (TO) (%)	ns	***	ns	ns	ns	ns
GPE (OD) (%)	***	***	ns	***	ns	ns
ME (%)	ns	**	ns	ns	**	ns
Leg. (%)	***	ns	ns	***	***	ns
SD (%)	***	***	ns	***	***	**
MCS (%)	ns	***	ns	*	ns	ns
MANT. (%)	***	***	ns	***	***	ns

ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

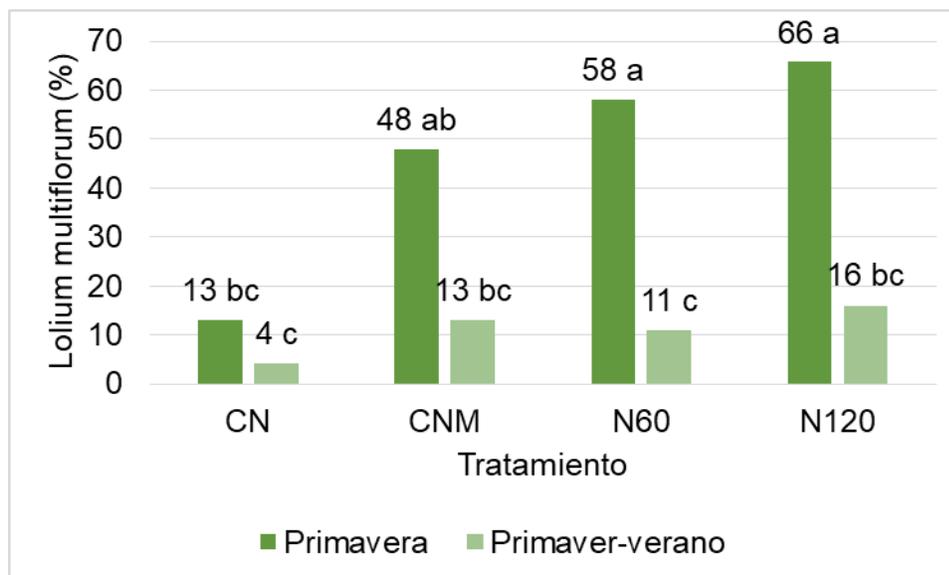
En cuanto a los contrastes ortogonales, como se puede ver en el Cuadro No. 15, se encontraron diferencias significativas para al menos una variable en los 3 contrastes.

En el contraste 1, en el cual se compara el tratamiento con ningún tipo de intervención (CN) con los que sí tienen (CNM, N60, N120), se pueden detectar diferencias significativas en las variables *Lolium multiflorum* (%), gramíneas perennes invernal tierna-ordinaria (%), gramíneas perennes estival ordinaria-dura (%), leguminosas (%), suelo desnudo (%), maleza de campo sucio (%) y mantillo (%).

En el contraste 2, donde se compara el tratamiento CNM contra los nitrogenados (N60 y N120) se puede observar diferencias significativas en las variables *Paspalum dilatatum* (%), *Paspalum notatum* (%), malezas enanas (%), leguminosas (%), suelo desnudo (%) y mantillo (%).

En el contraste 3, en el cual se compara la dosis de nitrógeno a utilizar (N60 vs N120), se encontró diferencia significativa únicamente para suelo desnudo (%).

Por otro lado, en cuanto al efecto de la interacción en el disponible, solamente las variables *Stipa setigera* (%) y *Lolium multiflorum* (%) dieron diferencias significativas, lo cual se puede observar gráficamente en las Figuras No. 6 y 7.

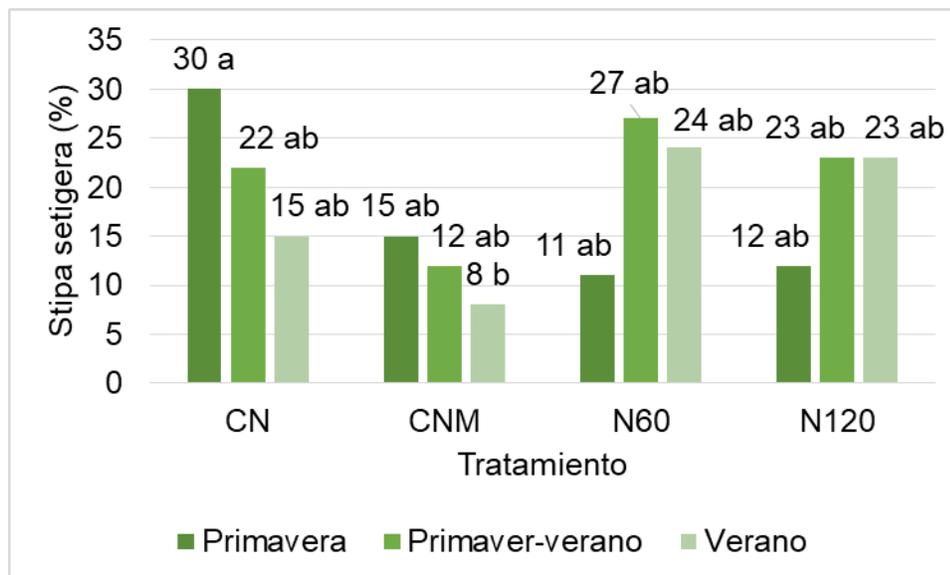


Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,10$).

Figura No. 6. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución del *Lolium multiflorum* presentada en porcentaje en el experimento 1.

Como se puede observar en la Figura No. 6, el efecto de la interacción sobre la contribución de *Lolium multiflorum*, estuvo dada por el aporte diferencial de esta especie en los tratamientos con algún tipo de intervención (CNM, N60 y N120). Esta diferencia entre períodos está dada por la finalización del ciclo de la especie (anual invernal), por lo que su contribución se ve disminuida, hasta incluso desaparece en el período de verano.

En cuanto a la *Stipa setigera*, como se puede observar en la Figura No. 7, se da una interacción sin cambio de ranking, donde lo que varía es la magnitud de la diferencia entre los tratamientos en los períodos, pero no su ranking.



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

Figura No. 7. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución del *Stipa setigera* representada en porcentaje en el experimento 1.

En cuanto al remanente, como se puede observar en el Cuadro No. 16, se encontraron diferencias significativas tanto para material verde (%) como restos secos (%) para el efecto tratamiento y período, al igual que para el contraste 1 y 2.

Cuadro No. 16. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del remanente en el experimento 1.

Variable	Efecto Tratamiento	Efecto Período	Efecto Interacción Tratamiento x Período	Contrastes		
				1	2	3
MV (%)	**	***	ns	**	**	ns
RS (%)	**	***	ns	**	**	ns

ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

4.2.2.1. Total del período

A continuación, se presentan los resultados del total del período de la composición botánica del forraje disponible.

Cuadro No. 17. 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 en el experimento 1.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	2.691 b	79	21
CNM	2.571 b	80	20
N60	3.366 ab	79	21
N120	3.608 a	76	24

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

No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para el total del período tanto para MV ($p= 0,7996$) cómo para RS ($p= 0,5153$).

Sin embargo, en términos de kg/ha de RS, los tratamientos nitrogenados (N60 y N120) presentaron valores considerablemente mayores a los demás tratamientos. Esta superioridad de los RS en los tratamientos nitrogenados, se podría deber, como se observa en el cuadro siguiente (Cuadro No. 18), por la mayor participación de *Lolium multiflorum*, que, al ser una especie anual invernal, en gran parte del período de evaluación se encontraba como material senescente, el cual aportaba a la fracción RS.

Cuadro No. 18. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S.set.); Gramínea perenne invernal tierno-ordinaria (GPI(TO)); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el total del período en el experimento 1.

	Lolium	S. set.	GPI (TO)	P. dilat.	P. not.	GPE (TO)	GPE (OD)	ME.	Leg.	GPI (F)
CN	6 b	22	4	7 ab	10	3	22	3	0,3 b	7
CNM	21 a	11	1	13 a	15	5	7	5	5 a	5
N60	23 a	21	1,5	9 ab	7	3	10	2	1,5 b	9
N120	27 a	19	1	6 b	7	6	7	2	1,3 b	5

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para *L. multiflorum* ($p= 0,0015$), *P. dilatatum* ($p= 0,0597$) y Leguminosas ($p= 0,0023$).

El *Lolium multiflorum* tuvo mayor presencia en los tratamientos con algún grado de intervención (CNM, N60 y N120). Este aumento de *Lolium multiflorum* en particular, pero de especies anuales en general, fue explicado por Young et al. (1999) quienes demostraron que la fertilización nitrogenada mejoró la competitividad de gramíneas anuales frente a perennes, debido a que las anuales son grandes consumidoras de nitrógeno, y también a la pérdida de densidad y abertura de la trama de la vegetación (Cardozo et al., 2008). Lo mismo ocurre en los mejoramientos de campo donde en la medida que aumenta la disponibilidad de nitrógeno y fósforo del suelo debido a la fertilización y la transferencia de nitrógeno de las leguminosas a las gramíneas asociadas, se da un cambio gradual en la composición botánica, dándose un incremento de especies C3,

principalmente anuales, ya que como se mencionó anteriormente son la que mejor capitalizan el nitrógeno presente.

Este efecto que se observa en la composición botánica por agregado de N podría conducir a la degradación de la pastura por la desestabilización de las comunidades naturales, al existir sustitución de las especies perennes por anuales (Cardozo et al., 2008). Esta sustitución, y la pérdida de biodiversidad de especies del campo natural, llevan a una paulatina degradación de la pastura, manteniéndose un efecto residual hasta de tres (Cardozo et al., 2008) a diez (Larratea y Soutto, 2013) años posteriores a la última aplicación.

En cuanto a las leguminosas, su mayor presencia en términos porcentuales se encuentra como era de esperarse, en el tratamiento de CNM dada la introducción de estas en el mismo. Sin embargo, las leguminosas observadas no fueron únicamente las sembradas, sino que en su mayoría fueron nativas tales como *Desmodium incanum* y *Medicago lupulina*. Esto podría estar explicado por el agregado de fósforo que tuvo el CNM; si bien en los tratamientos N60 y N120 también fue agregado fósforo, las leguminosas nativas tuvieron que competir con las gramíneas que fueron promovidas por el nitrógeno. Esto se asocia a lo mencionado por Boggiano (2000), quien encontró que la contribución de las leguminosas al agregar nitrógeno se ve reducida por un aumento en la competencia por parte de las gramíneas y ciperáceas. Sin embargo, también se puede ver un paulatino aumento de estas en los tratamientos nitrogenados en comparación al CN más allá de que estas diferencias no son estadísticamente significativas. Esto concuerda con lo descrito por Berretta et al. (1998b) y Gomes et al. (2002) quienes aseguran que las leguminosas nativas aumentan su frecuencia relativa cuando se fertiliza con nitrógeno, sin embargo, esto se da en valores inferiores a los mencionados por los autores (5%).

Por otro lado, el *Paspalum dilatatum* estuvo más presente en CNM siendo significativamente diferente a N120. Esta especie pudo haber sido desplazada en el tratamiento N120 por el gran crecimiento y vigor que presentó el *Lolium multiflorum*.

Cuadro No. 19. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el total del período en el experimento 1.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
CN	2,1 a	8,2	11,6 a
CNM	1,8 a	7,1	12 a
N60	0,8 b	5,6	6,5 b
N120	1,5 a	3,9	5,7 b

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

Se registraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables SD ($p= 0,0028$) y MANT. ($p= 0,0014$).

En cuanto a SD los tratamientos CN, CNM y N120 presentaron mayores valores, siendo estos significativamente superiores a los que presentó N60, no habiendo diferencias entre ellos. Mientras que para MANT. los tratamientos CN y CNM fueron los que presentaron mayores valores.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gallinal et al. (2016) quienes encontraron que el tratamiento con mayor cobertura de suelo descubierto fue CN, difiriendo en el tratamiento con menor cobertura de SD, el cual fue para ellos, CNM.

La variable MCS si bien no arrojó diferencias significativas entre tratamiento ($p= 0,1572$) hay una tendencia a encontrar mayores valores porcentuales para esta variable en CN, los cuales llegan a ser el doble a los encontrados en N120. Esta misma tendencia fue obtenida por Gallinal et al. (2016), quienes obtuvieron los mismos resultados, siendo el tratamiento CN el que presentaba mayor % MCS.

Estos resultados coinciden con lo expuesto por Rodríguez Palma et al. (2008) quien determinó que la fertilización nitrogenada reduce la incidencia de MCS.

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

Cuadro No. 20. 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 en el experimento 1.

Tratamientos	MSR (Kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1.390	71 a	29 b
CNM	1.467	69 a	31 b
N60	1.109	63 ab	37 ab
N120	1.183	59 b	41 a

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

Se observaron diferencias estadísticamente significativas para MV ($p=0,0181$) y RS ($p=0,0181$) para el total del período.

Los mayores valores de RS se pudieron observar en el tratamiento N120 el cual fue significativamente mayor a los que presentaron los tratamientos CN y CNM. Esta mayor acumulación de restos secos en el tratamiento nitrogenado se puede deber a que en pasturas fertilizadas la cantidad de tejido perdido por senescencia, si no se ajusta la frecuencia de pastoreo, será mucho mayor que si la pastura no es fertilizada, traduciéndose esto en la acumulación de restos secos en los remanentes.

Por otro lado, se observó un marcado aumento de los RS con respecto al forraje disponible en todos los tratamientos. Esto pudo estar dado por una preferencia de los animales por el MV, principalmente hojas jóvenes y láminas en expansión (Gonçalves et al., 2009a); que llevó a rechazar los RS, generando un aumento de los mismos en el remanente.

4.2.2.2. Primavera

Se analizan a continuación las variables de composición botánica del forraje disponible en 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 primavera en el experimento 1.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	2.354 b	82	18
CNM	2.662 ab	84	13
N60	3.898 ab	83	17
N120	4.481 a	83	17

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

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MV y RS para los diferentes tratamientos en primavera.

Este es el período donde se obtuvieron los mayores valores de MV y el menor de RS para todos los tratamientos, lo que se puede traducir en mayor área fotosintéticamente activa de la pastura.

Cuadro No. 22. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S.set.); Gramínea perenne invernal tierno-ordinaria (GPI(TO)); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el período primavera en el experimento 1.

	Lolium	S. set.	GPI (TO)	P. dilat.	P. not.	GPE (TO)	GPE (OD)	ME	Leg.	GPI (F)
CN	13 c	30 a	5	7	6 a	3 a	8 a	1,5 ab	0,8 b	14
CNM	48 b	15 ab	2	7	4 ab	1 ab	1 b	2 a	7a	8
N60	58 ab	11 b	1	2	2 ab	0,4 ab	0 b	0,8 ab	0,5 b	15
N120	66 a	12 b	2	2	1 b	0,2 b	0 b	0,4 b	0,1b	8

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para *Lolium multiflorum*, *Stipa setigera*, *Paspalum notatum*, gramíneas perennes estivales (TO), gramíneas perennes estivales (OD), malezas enanas y leguminosas.

En *Lolium multiflorum* se observó que los tratamientos nitrogenados y CNM presentaron una contribución significativamente superior que el CN de esta especie. Por su parte, el tratamiento N120 fue significativamente superior al tratamiento CNM, sin embargo, el tratamiento N60, no demostró diferencias significativas con ninguno de estos últimos dos tratamientos. Como ya se mencionó anteriormente, este aumento de la contribución de *Lolium multiflorum* se debe a que las especies anuales son grandes consumidoras de nitrógeno, y también a la pérdida de densidad y abertura de la trama de la vegetación.

En leguminosas, se halló que el tratamiento CNM presentó una contribución significativamente superior de este grupo que el resto de los tratamientos.

Esta mayor participación de las leguminosas en el CNM, era de esperarse, debido a la introducción de estas en el mismo. 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.

En su conjunto, las gramíneas perennes estivales se encontraron en mayor proporción en los tratamientos con menores niveles de intervención, esto podría estar explicado por la alta presión que les ejerce el *Lolium multiflorum* en los tratamientos con grados mayores de intervención.

Cuadro No. 23. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período primavera en el experimento 1.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
CN	1,5	2,4	8 a
CNM	1,6	5,7	6,6 ab
N60	0,6	1,7	4,2 bc
N120	0,9	0,3	2,7 c

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

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas únicamente para la variable MANT.

El CN presentó cantidades de mantillo estadísticamente mayores a los presentados en los tratamientos nitrogenados (N60 y N120), sin denotar diferencias significativas con el tratamiento CNM.

En cuanto a las MCS, si bien no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, se puede ver en términos absolutos una mayor presencia de esta fracción en el CNM, dato que coincide con lo obtenido por Duhalde y Silveira (2018) quienes obtuvieron el mismo resultado en primavera.

A continuación, se presentan los resultados de las variables composición del forraje remanente en el período primavera.

Cuadro No. 24. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en primavera en el experimento 1.

Tratamientos	MSR (Kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1.489	72 ab	28 ab
CNM	1.920	76 a	24 b
N60	1.061	62 ab	38 ab
N120	1.151	59 b	41 a

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MV y RS.

El tratamiento N120 presentó estadísticamente mayor proporción de restos secos que el tratamiento CNM, sin denotar diferencias significativas con los tratamientos N60 y CN.

La mayor presencia de RS en el tratamiento N120 y en menor medida en el tratamiento N60 (el cual no fue estadísticamente diferente a los tratamientos CN y CNM), se debe, como se explicó anteriormente, a la mayor acumulación de material senescente al fin del período, producto de la dominancia de especies anuales invernales las cuales se encuentran finalizando su ciclo.

4.2.2.3. Primavera-verano

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

Cuadro No. 25. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período primavera-verano en el experimento 1.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	2.837	78	22
CNM	2.884	73	27
N60	3.938	76	24
N120	4.172	69	31

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

No existieron diferencias estadísticamente significativas para MV y RS en el período primavera-verano.

Sin embargo, se puede observar un mayor % MV en términos absolutos del tratamiento CN, que se explicaría, como se observa en el Cuadro No. 26, por una mayor participación de especies estivales que se encontraban en activo crecimiento en este período.

Por su parte, el tratamiento N120, fue el que presentó en términos absolutos el mayor %RS, lo cual se explicaría por la alta contribución de especies anuales invernales (Cuadro No. 26), determinando una mayor proporción de material muerto.

Cuadro No. 26. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S.set.); Gramínea perenne invernal tierno-ordinaria (GPI(TO)); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el período primavera-verano en el experimento 1.

	Lolium	S. set.	GPI (TO)	P. dilat.	P. not.	GPE (TO)	GPE (OD)	ME	Leg.	GPI (F)
CN	4,2	22	2	10	9 ab	1	25 a	2 b	0	7
CNM	13	12	0,6	18	14 a	4	8 b	6 a	2	4
N60	11	27	1	13	13 b	2	13 b	1 b	2	7
N120	16	23	0,3	10	5 ab	4	9 b	0,5 b	0,5	2

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las gramíneas perennes estivales de tipo productivo ordinario - duro y para las malezas enanas.

Las especies que conforman el grupo GPE (OD), presentan una contribución estadísticamente mayor en el tratamiento sin intervención en comparación a los tratamientos CNM, N60 y N120. Esto 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.

Como se mencionó en el punto anterior, se puede observar la clara dominancia de las especies estivales en CN en comparación a los demás tratamientos. Esto concuerda con lo citado por Rodríguez Palma et al. (2008) quienes observaron una reducción de la participación de las gramíneas estivales con la fertilización nitrogenada.

En *Lolium multiflorum* no se observaron diferencias significativas, lo cual puede deberse a que la contribución de esta especie disminuyó con respecto al período de primavera, pudiendo deberse esto a la finalización del ciclo de esta especie. Sin embargo, la tendencia se mantiene, existiendo una mayor contribución en los tratamientos con algún tipo de intervención.

Cuadro No. 27. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período primavera-verano en el experimento 1.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
CN	1,9 a	10,0	13,2 a
CNM	2,0 a	8,0	13,3 a
N60	0,7 b	7,4	7,2 ab
N120	0,9 b	4,5	6,3 b

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

Se encontraron diferencias significativas en las variables suelo desnudo y mantillo. En cuanto a suelo desnudo los tratamientos nitrogenados presentaron una cantidad de este significativamente menor que los tratamientos CN y CNM. Por otro lado, la proporción de suelo cubierto con mantillo, fue también significativamente menor en el tratamiento N120 en comparación con los tratamientos CN y CNM, sin denotar diferencias significativas con el tratamiento N60.

Resultados similares fueron reportados por Duhalde y Silveira (2018) para el período invierno-primavera.

En relación a las MCS, se observó como tendencia (sin demostrar diferencias significativas), que la cobertura disminuyó en la medida que aumentó el grado de intervención. Esto coincide con lo reportado por Rodríguez Palma et al. (2008), quienes encontraron que en tratamientos fertilizados se redujo la proporción de MCS.

A continuación, se presentan los resultados de las variables composición del forraje remanente en el período primavera-verano.

Cuadro No. 28. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en primavera-verano en el experimento 1.

Tratamientos	MSR (Kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1.052	63	37
CNM	1.425	53	47
N60	1.396	52	48
N120	1.497	45	55

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

No se encontraron diferencias significativas en la proporción del forraje remanente explicada por MV, así como tampoco por RS.

De todos modos, se ve una tendencia de que a medida que aumentamos el nivel de intervención del CN, hay una proporción menor explicada por material verde, y aumenta la fracción seca del forraje.

Al comparar con el período anterior, se puede ver en términos generales un aumento en todos los tratamientos de la fracción RS y una disminución del MV. Esto es debido, como ya se mencionó anteriormente, al fin de ciclo de las especies invernales.

4.2.2.3. Verano

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

Cuadro No. 29. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en el período verano en el experimento 1.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	2.882	79	21
CNM	2.169	81	19
N60	2.264	79	22
N120	2.171	77	23

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

No existieron diferencias estadísticamente significativas para MV y RS en el período de verano.

Cuadro No. 30. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S.set.); Gramínea perenne invernal tierno-ordinaria (GPI(TO)); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento en el período verano en el experimento 1.

	Lolium	S. set.	GPI (TO)	P. dilat.	P. not.	GPE (TO)	GPE (OD)	ME	Leg.	GPI (F)
CN	0	15 ab	4	4	14	5	33 a	7	0	1,3
CNM	0,2	8 b	1	1	28	9	12 b	6	5	1,7
N60	0	24 a	2	2	16	6	16 ab	5	3	5
N120	0	23 a	1	1	15	13	11 b	5	3	2,9

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables *Stipa setigera* y gramíneas perennes estival (OD).

En cuanto a *Stipa setigera* refiere, se observó una contribución significativamente superior en los tratamientos nitrogenados en comparación al tratamiento CNM, sin denotar diferencias significativas con el tratamiento CN.

Se puede inferir que la finalización del ciclo y desaparición de la especie que había sido la dominante en los tratamientos nitrogenados (*Lolium multiflorum*), determinó un aumento en la contribución tanto de *Stipa setigera*, como de gramíneas perennes estivales.

Por su parte, las GPE (OD) presentaron una contribución significativamente superior en el tratamiento CN en comparación a los

tratamientos CNM y N120, sin denotar diferencias significativas con el tratamiento N60. Esto vuelve a confirmar lo ya citado por 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.

En cuanto a *Paspalum notatum*, se esperaba según lo reportado por Boggiano et al. (2008), que su participación en CN sea mayor a la presente en los tratamientos nitrogenados, sin embargo, esto no ocurrió.

Cuadro No. 31. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento en el período verano en el experimento 1.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
CN	2,9 a	12	13 ab
CNM	2 ab	7	16 a
N60	1,1 b	8	8 b
N120	2,7 a	7	8 b

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

Se encontraron diferencias significativas para las variables cobertura de mantillo y suelo desnudo.

En cuanto a suelo desnudo, se observa una cantidad significativamente superior en los tratamientos CN y N120 en relación al tratamiento N60, sin denotar diferencias significativas con el CNM.

Por otro lado, la cobertura de mantillo, fue significativamente superior en el tratamiento CNM en comparación con los tratamientos nitrogenados, sin denotar diferencias significativas con el tratamiento CN.

A continuación, se presentan los resultados de las variables composición del forraje remanente en el período primavera-verano.

Cuadro No. 32. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento en verano en el experimento 1.

Tratamientos	MSR (Kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CN	1.628 a	77	23
CNM	1.055 b	78	22
N60	871 b	75	25
N120	900 b	74	26

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

No se encontraron diferencias significativas para las variables contribución de material verde y restos secos.

En comparación con los demás períodos, este es el que presenta menores valores de RS, principalmente en los tratamientos nitrogenados.

4.2.3. Producción secundaria:

Las variables de producción secundaria fueron analizadas en función del efecto tratamiento, período y su interacción (Cuadro No. 33).

En relación con el efecto del tratamiento y período se puede observar que todas las variables estudiadas con excepción GMD fueron significativas a dicho efecto, no ocurriendo lo mismo con el efecto interacción donde únicamente la CI y CT dieron diferencias significativas.

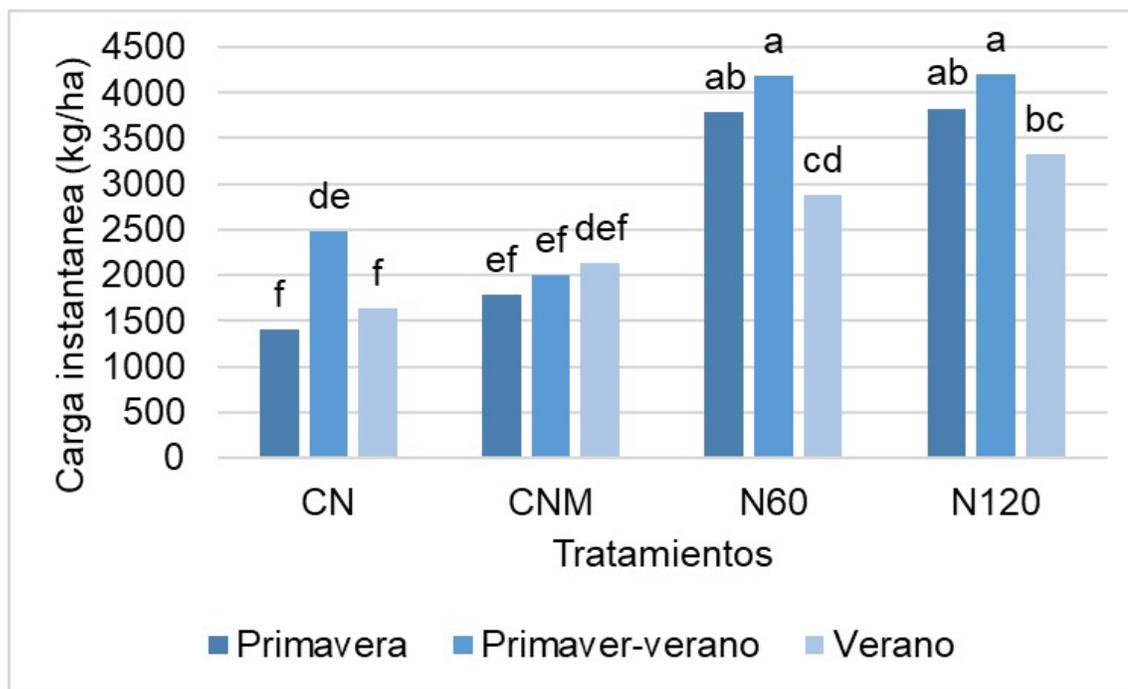
En cuanto a los contrastes, las variables CI y CT presentaron diferencias significativas para todos, mientras que la OF solamente para el contraste 1 y 2. Por otro lado, la GMD no presentó diferencia significativa para ninguno de los contrastes.

Cuadro No. 33. Resumen de la significancia estadística a los distintos efectos evaluados y los tres contrastes sobre las variables oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) para el total del período de evaluación en el experimento 1.

Variable	Efecto Tratamiento	Efecto Período	Efecto Interacción Tratamiento x Período	Contrastes		
				1	2	3
OF %	***	**	ns	***	***	ns
CI (kg/ha)	***	***	***	***	***	*
CT (kg/ha)	***	***	***	***	***	*
GMD (kg/a/d)	ns			ns	ns	ns

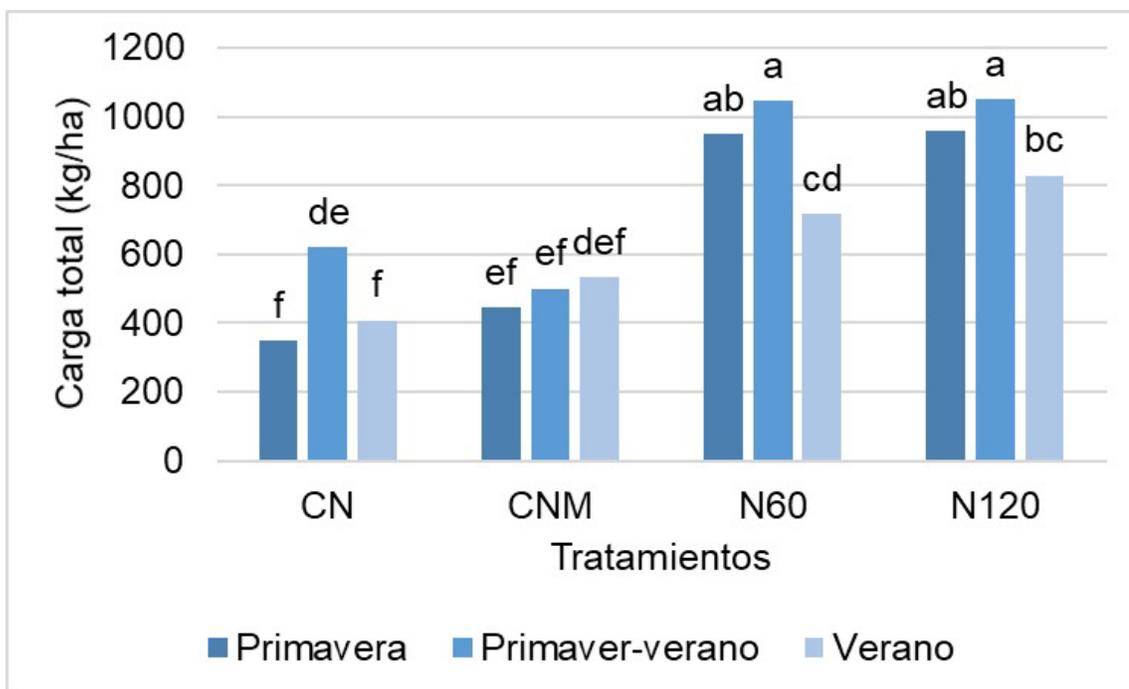
ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

En cuanto al efecto interacción tratamiento por período, la misma fue una interacción sin cambio de ranking como se puede observar en las Figuras No. 8 y 9 donde los tratamientos que siempre presentaron mayores cargas fueron los nitrogenados, variando la magnitud de la diferencia.



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

Figura No. 8. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la carga instantánea medida en kilogramos por hectárea en el experimento 1.



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

Figura No. 9. Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la carga total medida en kilogramos por hectárea en el experimento 1.

4.2.3.1. Total del período

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para el total del período.

Cuadro No. 34. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie (G) para el total del período en el experimento 1.

Tratamiento	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	GMD (kg/a/d)	G (kg/ha)*
CN	10 a	1837 b	459 b	0,56	140
CNM	9 b	1974 b	493 b	0,57	146
N60	6 c	3619 a	905 a	0,42	188
N120	6,3 c	3783 a	946 a	0,66	266

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

* G (kg/ha) no presenta análisis estadístico por falta de repetición.

Se encontraron diferencias significativas para las variables OF ($p < 0,0001$), CI ($p < 0,0001$) y CT ($p < 0,0001$) para el total del período evaluado.

Con excepción del CN, en los demás tratamientos, los valores de OF finales fueron inferiores a los valores objetivos que se fijaron en la metodología experimental en forma previa (10-12%), esto se pudo deber a las altas cargas manejadas, principalmente en los tratamientos nitrogenados, la cual no se podía reducir ya que se trataban de los animales tester.

En relación a la CI y CT, los tratamientos nitrogenados fueron los que presentaron mayores valores. En promedio estos valores fueron un 90 % superior a los presentados en CN y CNM tanto para CI como CT; no registrándose diferencias significativas en la performance individual. Esto concuerda con lo reportado por Azanza et al. (2004); Rodríguez Palma y Rodríguez (2010) quienes determinaron que la fertilización nitrogenada del campo natural permite un incremento en la carga animal.

Sin embargo, las diferencias obtenidas en la carga en este experimento, no se encuentran únicamente explicadas por un aumento en la MS Prod., sino

que también influyó la OF con la cual se trabajó, la cual no fue constante para los 4 tratamientos.

Si bien las GMD no reportaron diferencias significativas entre tratamientos, se puede observar en términos absolutos que la mayor GMD se obtuvo en N120, la cual fue 57, 16 y 18 % superior a las obtenidas en N60, CNM y CN respectivamente. Esta superioridad de N120 puede estar explicada por la mayor calidad del forraje obtenido en este tratamiento, ya que según Brum y De Stefani (1998), Pinto y Costa (1998) la misma mejora a medida que aumenta la dosis de N. Otro factor que podría estar explicando esta mayor performance, es la diferencia en la estructura de la pastura, que como se puede observar en el Cuadro No. 8, el tratamiento N120 presentó una pastura más alta, lo que mejora el comportamiento ingestivo (Hodgson, 1990), y por ende el desempeño animal.

El CNM no presentó GMD superiores a las del CN, lo cual difiere con lo reportado por Scholl et al., citados por Correa y Alvim Silva (1994) quienes determinaron que en campo natural mejorado se pueden obtener ganancias de peso hasta 5 veces mayores que en campo natural. Sin embargo, las ganancias obtenidas en CNM fueron similares a las reportada por Scaglia (1995) quien obtuvo ganancias entorno a los 700 g/día en animales manejados sobre mejoramientos extensivos de campo natural.

En cuanto a la ganancia por unidad de superficie, si bien esta no presenta un análisis estadístico, se observa en términos absolutos, que la producción animal obtenida en los tratamientos nitrogenados es en promedio 59% superior a la obtenida en los tratamientos CN y CNM, sin embargo, como ya se mencionó, no existen diferencias significativas en la GMD. Esto mismo, fue explicado por Dougherty y Rhykerd (1985), Azanza et al. (2004), quienes mencionan que el aumento en producción secundaria en campos naturales fertilizados con nitrógeno se explica fundamentalmente por el incremento en la carga animal que permiten, explicado por el aumento en la producción de materia seca, ya que el efecto que tiene la fertilización nitrogenada sobre la calidad de la pastura es despreciable.

Sin embargo, en contraposición a lo mencionado anteriormente Zamalvide (1994), expone que el aumento en producción animal en campos naturales fertilizados con nitrógeno y fósforo, se explica por un aumento en la calidad del forraje, por un mayor contenido de N y P en la misma, y por un gradual afinamiento de las pasturas. Esto, podría ser lo que explica que, en términos absolutos, las mayores GMD se hayan obtenido en el tratamiento N120.

Cabe aclarar que las GMD, debido a problemas técnicos en el funcionamiento de la balanza se estimaron únicamente con el peso al inicio y fin

del experimento de los animales, por lo que no es posible discriminar diferentes GMD para cada período evaluado (primavera, primavera-verano y verano).

4.2.3.2. Primavera

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para el período de primavera.

Cuadro No. 35. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el período primavera en el experimento 1.

Tratamiento	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)
CN	11 a	1.398 b	349 b
CNM	10,5 a	1.785 b	446 b
N60	7 b	3.793 a	948 a
N120	8 b	3.828 a	957 a

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables CI ($p = <0,0001$), CT ($p = <0,0001$) y OF ($p = 0,0009$) para el período primavera.

Los tratamientos nitrogenados fueron los que presentaron mayor CI y CT en este período. Esta mayor carga en los tratamientos nitrogenados, estuvo dada, por un lado, por la menor OF que presentaron estos tratamientos, siendo esta diferencia estadísticamente significativa, y, por otro lado, por la mayor producción de forraje obtenida.

4.2.3.3. Primavera-verano

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para el período de primavera-verano.

Cuadro No. 36. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el período primavera-verano en el experimento 1.

Tratamiento	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)
CN	8 abc	2.481 b	620 b
CNM	10 abc	2.001 b	500 b
N60	6 abc	4.191 a	1.048 a
N120	6,8 abc	4.206 a	1.051 a

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables CI ($p = <0,0001$) y CT ($p = <0,0001$) para el período primavera-verano.

Al igual que en el período anterior, los tratamientos nitrogenados fueron los que presentaron mayor CI y CT, explicado en este caso, por la mayor producción de forraje, ya que no se encontraron diferencias significativas en la OF.

Si bien no hay diferencia significativa entre tratamientos en OF, no es lo mismo trabajar con OF de 8-10 % que con OF de 6%. Estas diferencias se tendrían que observar en las ganancias individuales ya que como mencionó Maraschin et al. citados por Nabinger et al. (2000) las mismas aumentan a medida que aumenta la OF. Teniendo en cuenta el problema técnico explicado anteriormente, el cual no nos permitió obtener las ganancias individuales en cada período, no se puede hacer esta comparación.

4.2.3.4. Verano

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para el período de verano.

Cuadro No. 37. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el período verano en el experimento 1.

Tratamiento	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)
CN	10,7 a	1.631 d	408 d
CNM	6 b	2.136 c	534 c
N60	4,7 bc	2.874 b	719 b
N120	4 c	3.317 a	829 a

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

Se encontraron diferencias significativas para todas las variables analizadas estadísticamente (OF, CI y CT) en el período verano.

Como se puede observar, los menores valores en términos absolutos de OF se obtuvieron en el tratamiento N120, el cual presentó diferencias significativas tanto con CN como CNM. Esta baja OF (4%) es consecuencia de la alta CI y CT, las cuales son significativamente superiores a las obtenidas en CN y CNM; además de la baja producción de forraje que se obtuvo en este tratamiento en este período, ya que la especie que había sido la dominante en los tratamientos nitrogenados los períodos anteriores, *Lolium multiflorum*, finalizó su ciclo.

4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2

4.3.1. Producción primaria y características de la pastura

Las variables de producción primaria y características de la pastura en el experimento 2 fueron analizadas en función de los factores dosis, historia de fertilización, período y sus correspondientes interacciones (Cuadro No. 38).

Como se puede observar en el Cuadro No. 38, todas las variables analizadas presentaron al menos una diferencia significativa con al menos uno de los factores analizados (dosis, historia y período).

Por otro lado, en cuanto a las interacciones, solamente la interacción historia por período (HxP) presentó diferencia significativa en algunas de las variables estudiadas, siendo las demás no significativas para todas ellas.

Cuadro No. 38. Resumen de la significancia estadística a los distintos efectos evaluados sobre las variables de producción primaria y características de la pastura para el total del período de evaluación para el experimento 2.

Variable	Efecto Dosis	Efecto Historia	Efecto Período	Int. HxD	Int. PxD	Int. HxP	Int. HxPxD
MS Prod. (kg/ha)	ns	*	**	ns	ns	ns	ns
TC (kgMS/ha/día)	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
MSD (kg/ha)	**	ns	***	ns	ns	ns	ns
AltD (cm)	***	ns	**	**	ns	ns	ns
MSR (Kg/ha)	**	ns	**	**	ns	ns	ns
AltR (cm)	**	ns	***	**	ns	ns	ns
MS Des. (Kg/ha)	ns	*	**	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

A continuación, se analizarán los efectos de todos los factores antes mencionados y aquellas interacciones que presentaron al menos una diferencia significativa en alguna de las variables estudiadas.

4.3.1.1. Efecto interacción historia por dosis

A continuación, se presenta el efecto de la interacción historia por dosis de fertilización para aquellas variables que fueron significativas.

Cuadro No. 39. Efecto de la interacción entre los tratamientos historia y dosis sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2.

Dosis	Historia	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
N60	CON	3.024 b	19 b	1.577 b	12 b	1.447 b
N120	CON	3.780 a	24 a	2.262 a	16 a	1.518 b
N60	SIN	3.367 ab	21 b	1.109 c	9 b	2.258 a
N120	SIN	3.608 a	22 ab	1.183 bc	10 b	2.425 a

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

Se puede observar como las variables MSD y MS Des. no presentan significancia en la interacción entre historia y dosis de fertilización. La primera de estas, muestra en términos generales, un incremento en su valor conforme se aumenta la dosis de fertilizante; y la segunda, una clara superioridad de la combinación de tratamientos que incluyen al factor “sin historia”.

En cambio, para AltD, MSR, y AltR sí existe una clara significancia de la interacción, exponiendo los valores máximos en la combinación de una alta dosis de fertilización en potreros con historia previa.

Para el caso de la altura del disponible (AltD), fertilizar con altas dosis en potreros sin historia previa permitió lograr valores que no difieren de la combinación historia y alta dosis. Y para la situación de la materia seca remanente (MSR), ninguna otra combinación de tratamientos logró igualar al máximo, a pesar de que se observa que fertilizar a altas dosis sobre potreros sin historia, presenta un comportamiento similar a un potrero con historia, pero que fue fertilizado a razón de 60 kgN/ha.

4.3.1.2. Efecto del tratamiento dosis

En el siguiente cuadro se presenta como varía la MS Prod. y la TC según la dosis de nitrógeno a agregar.

Cuadro No. 40. Efecto del tratamiento dosis sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) en el experimento 2.

Tratamientos	MS Prod. (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
N60	5.375	29
N120	5.831	32

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

En cuanto a MS Prod. y TC según el tratamiento dosis, no se observaron diferencias significativas en ninguna de las dos variables. Esto concuerda con lo observado por Ayala y Carámbula (1994), quienes no encontraron diferencias significativas en la producción de forraje entre el agregado de 40 y 80 kg N/ha.

Cuadro No. 41. Efecto del tratamiento dosis sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2.

Tratamientos	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
N60	3.196 b	20 b	1.343 b	10 b	1.852
N120	3.694 a	23 a	1.722 a	13 a	1.972

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MSD ($p=0,0108$), AltD ($p=0,0057$), MSR ($p=0,0159$) y AltR ($p=0,0132$).

En cuanto a la MSR y la AltR, considerando que la CT (Cuadro No. 64) de los dos tratamientos no fue significativamente diferente, era esperable que N60, es decir, el tratamiento con menor MSD, presente menores valores de estas variables.

Teniendo en cuenta que el forraje producido es la variable que en mayor medida explica el forraje disponible (Álvarez et al., 2013) y considerando que si bien la variable MS Prod., no presentó diferencias significativas, pero sí presentó una diferencia importante en términos absolutos, las diferencias significativas observadas en MSD y AltD, sería algo esperable.

En cuanto a la MS Des., la misma no presentó diferencias significativas entre dosis, lo cual puede ser explicado por el hecho de que la CT no presentó diferencias estadísticamente significativas.

4.3.1.3. Efecto tratamiento historia

A continuación, se presenta como varió la MS Prod. y la TC según la historia de fertilización.

Cuadro No. 42. Efecto del tratamiento historia sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) en el experimento 2.

Tratamientos	MS Prod. (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CON	4.670 b	26
SIN	6.534 a	36

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la variable MS Prod. ($p=0,097$).

En cuanto a la variable TC, si bien no presentó diferencias significativas estadísticamente, en términos absolutos se observa un mayor valor de esta variable en el tratamiento sin historia, lo que explica en gran medida la mayor MS Prod.

Al analizar la variable MS Prod., esta fue significativamente superior en el tratamiento sin historia, lo cual, en parte, podría estar explicado por el efecto que tiene la fertilización nitrogenada sobre la desestabilización de las comunidades naturales lo cual genera la degradación de la pastura (Cardozo et al., 2008).

En este sentido, se observa en el Cuadro No. 55, como la contribución de malezas enanas es significativamente superior en el tratamiento con historia, estas especies, aparecen sustituyendo a otras más productivas lo cual es un claro síntoma de degradación y, por ende, como ya se mencionó, esa degradación de la pastura podría estar explicando la menor MS Prod. en los tratamientos con historia.

Cuadro No. 43. Efecto del tratamiento historia sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2.

Tratamientos	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
CON	3.402	22	1.919	14	1.483 b
SIN	3.488	21	1.146	9	2.342 a

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

Se encontraron diferencias significativas únicamente para la variable MS Des. ($p=0,0728$).

Esta diferencia estadísticamente significativa en la variable MS Des. entre los tratamientos, puede en parte explicarse, por la diferencia en CT (Cuadro No. 64) existente entre los tratamientos, con una misma cantidad de MSD. Esta mayor CT determina no sólo un mayor consumo total, sino que también un mayor pisoteo, lo que genera mayores valores de MS Des.

4.3.1.4. Efecto período

En el siguiente cuadro se presenta como varía la MS Prod. y la TC según los diferentes períodos.

Cuadro No. 44. Efecto del período sobre la producción de forraje (MS Prod.) y la tasa de crecimiento (TC) en el experimento 2.

Tratamientos	MS Prod. (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
Primavera	2.599 a	43 a
Primavera-verano	2.402 a	40 a
Verano	602 b	9 b

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el efecto período tanto para la MS Prod. ($p=0,0152$) como para la TC ($p=0,0098$).

Las mejores condiciones en la primavera, tanto de temperatura como de disponibilidad hídrica (Figuras No. 4 y 5), permitieron una mejor expresión del crecimiento en esta estación en comparación al verano. A su vez, en primavera, según Álvarez et al. (2013), se da la mayor eficiencia de uso del nitrógeno, por lo que se obtuvieron más kg MS por unidad de N agregada, lo que repercute en la MS Prod.

Además, esta mayor producción de forraje en los períodos de primavera y primavera-verano puede estar explicada por el efecto que tiene la fertilización nitrogenada en la composición botánica del tapiz, ya que como aseguran Ayala y Carámbula (1994), Berretta y Bemhaja (1991), Berretta (1998a), Berretta y Levratto (1990), Berretta et al. (1998a), Montossi et al. (2000), Rodríguez Palma et al. (2004), y Zanoniani (2009) el tapiz con aplicación de nitrógeno, se va volviendo más invernal debido a una sustitución de especies.

En este caso, como podemos observar en el Cuadro No. 59, el tapiz en la primavera se encontraba dominado por *Lolium multiflorum*, especie anual invernal, la cual redujo significativamente su contribución en el período primavera-verano y desapareció completamente en el verano. Este cambio en la composición botánica entre períodos, genera esa gran variación en la MS Prod., ya que en el verano aumenta significativamente tanto el suelo desnudo, como la cobertura de suelo con mantillo y la cobertura con malezas de campo sucio (Cuadro No. 60), por lo tanto, se reduce la superficie de producción de forraje.

Cuadro No. 45. Efecto de período sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido (MS Des.) en el experimento 2.

Tratamientos	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (Kg/ha)	AltR (cm)	MS Des. (Kg/ha)
Primavera	4.213 a	24 a	1.878 a	15 a	2.335 a
Primavera- verano	4.104 a	25 a	1.813 a	13 a	2.292 a
Verano	2.017 b	16 b	908 b	8 b	1.110 b

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MSD ($p=0,0055$), AltD ($p=0,0291$), MSR ($p=0,0135$), AltR ($p=0,0076$) y MS Des. ($p=0,0242$).

Como ya se mencionó anteriormente, la mayor MSD obtenida en primavera y primavera-verano, se debe a las mayor MS Prod. en estos períodos, ya que la misma es la variable que mayoritariamente la explica.

La mayor MSR y AltR obtenidas en primavera, primavera-verano en comparación al verano, se debe, entre otras cosas, a la diferencia de OF entre períodos (Cuadro No. 66), ya que pastoreos menos intensos (mayor OF), permiten dejar mayores remanentes, generando una pastura con mayor estructura y altura del forraje.

Por otro lado, en cuanto a la diferencia de la MS Des. entre períodos, esta puede ser consecuencia de la mayor MSD en primavera y primavera-verano, lo que se pudo traducir en un mayor consumo por parte de los animales o una mayor pérdida por senescencia, vuelco y/o pisoteo.

4.3.2. Composición botánica:

Las variables de composición botánica tanto del disponible como del remanente en el experimento 2 fueron analizadas en función de los factores dosis, historia de fertilización, período y sus correspondientes interacciones.

Cuadro No. 46. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados en las variables de la composición botánica del disponible en el experimento 2.

Variable	Trat. Dosis	Trat. Historia	Período	Int. HxD	Int. PxD	Int. HxP	Int. HxPxD
MV (%)	ns	**	***	ns	ns	ns	ns
RS (%)	ns	**	***	ns	ns	ns	ns
Lolium (%)	**	ns	***	ns	ns	ns	ns
S.set. (%)	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
P. dilat. (%)	ns	**	***	ns	ns	ns	ns
P. not. (%)	ns	*	***	ns	ns	**	ns
GPE (TO) (%)	ns	ns	***	*	ns	*	ns
GPE (OD) (%)	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
ME (%)	ns	***	***	ns	ns	*	ns
Leg. (%)	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
SD (%)	ns	*	***	*	ns	ns	ns
MCS (%)	ns	ns	***	ns	ns	*	ns
MANT. (%)	**	ns	***	*	ns	**	ns

ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

Como se puede observar en el Cuadro No. 46, las interacciones historia de fertilización por dosis (HxD) y historia de fertilización por período (HxP) presentaron diferencias significativas en al menos una de las variables estudiadas en la composición botánica del disponible.

En cuanto a la composición botánica del remanente, como se puede observar en el Cuadro No. 47 las variables analizadas presentaron diferencias estadísticamente significativas únicamente para los efectos de los factores, no así para sus interacciones.

Dichas interacciones, junto con los efectos de los diferentes factores estudiados (dosis, historia y período) tanto para el disponible como el remanente serán analizados a continuación.

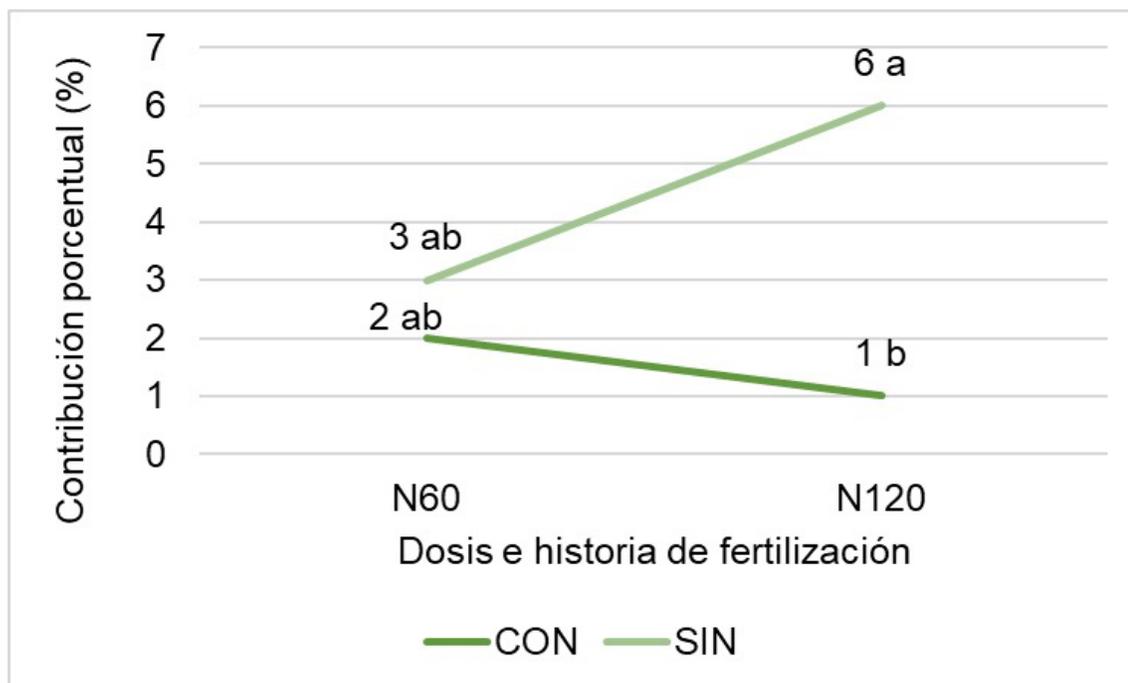
Cuadro No. 47. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados en las variables de la composición botánica del remanente en el experimento 2.

Variable	Trat. Dosis	Trat. Historia	Período	Int. HxD	Int. PxD	Int. HxP	Int. HxPxD
MV (%)	**	ns	***	ns	ns	ns	ns
RS (%)	**	ns	***	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

4.3.2.1. Efecto interacción historia por dosis

Como se puede observar en el Cuadro No. 46, existe efecto de la interacción historia de fertilización por dosis para las gramíneas perennes estivales tiernas-ordinarias.



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

Figura No. 10. Interacción dosis x historia de fertilización sobre la contribución de gramíneas perennes estivales tiernas-ordinarias presentada en porcentaje en el experimento 2.

Las gramíneas perennes estivales de tipo productivo tierno ordinario tienden a aumentar su contribución en el tapiz en el caso de tratarse de parcelas sin historia de fertilización previa al incrementar las dosis de nitrógeno, explicado fundamentalmente por *Paspalum dilatatum*.

En el caso de parcelas con historia previa de fertilización, vemos como estadísticamente no varía la contribución de éstas, pero se muestra una tendencia a descender, lo que indicaría que otros grupos de especies aumentaron su participación, como pueden ser malezas enanas, restos secos, e incluso *Lolium multiflorum*, quien aumentaría su presencia con fertilizaciones nitrogenadas en altas dosis (sobre todo con historia previa).

Cuadro No. 48. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según el efecto de la interacción entre los tratamientos historia y dosis en el experimento 2.

Dosis	Historia	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
N60	CON	2 a	19 a	10 a
N120	CON	1,8 ab	21 a	5 b
N60	SIN	1 b	6 b	6 b
N120	SIN	1,5 ab	4 b	6 b

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

Como se observa en el Cuadro No. 48, existe efecto de la interacción historia de fertilización por dosis para las variables SD y MANT.

En el caso de suelo descubierto, se observa como los valores se mantienen bajos, pero existe un cambio en la respuesta al incrementar la dosis de nitrógeno si se trata de parcelas con diferente historia de fertilización. A dosis bajas (N60), la cantidad de suelo descubierto, es significativamente superior en el tratamiento con historia. Sin embargo, a altas dosis (N120), la cantidad de suelo descubierto no presenta diferencias significativas.

Por su parte, la variable MANT. fue significativamente superior en el tratamiento N60 con historia, con respecto al resto. Es decir, que un tapiz con historia de fertilización a dosis baja (N60) presentará una cobertura mayor de mantillo, que un tapiz con historia, pero dosis alta (N120) o un tapiz sin historia de fertilización sin importar la dosis.

4.3.2.2. Efecto interacción historia por período

Se analiza a continuación el efecto de la interacción historia de fertilización por período en la composición botánica del forraje disponible.

Como se puede observar en las Figuras No. 11, 12 y 13 existe efecto significativo de la interacción período por dosis de fertilización para la especie *Paspalum notatum* y los grupos de especies gramíneas perennes estival tierno-ordinarias y malezas enanas.

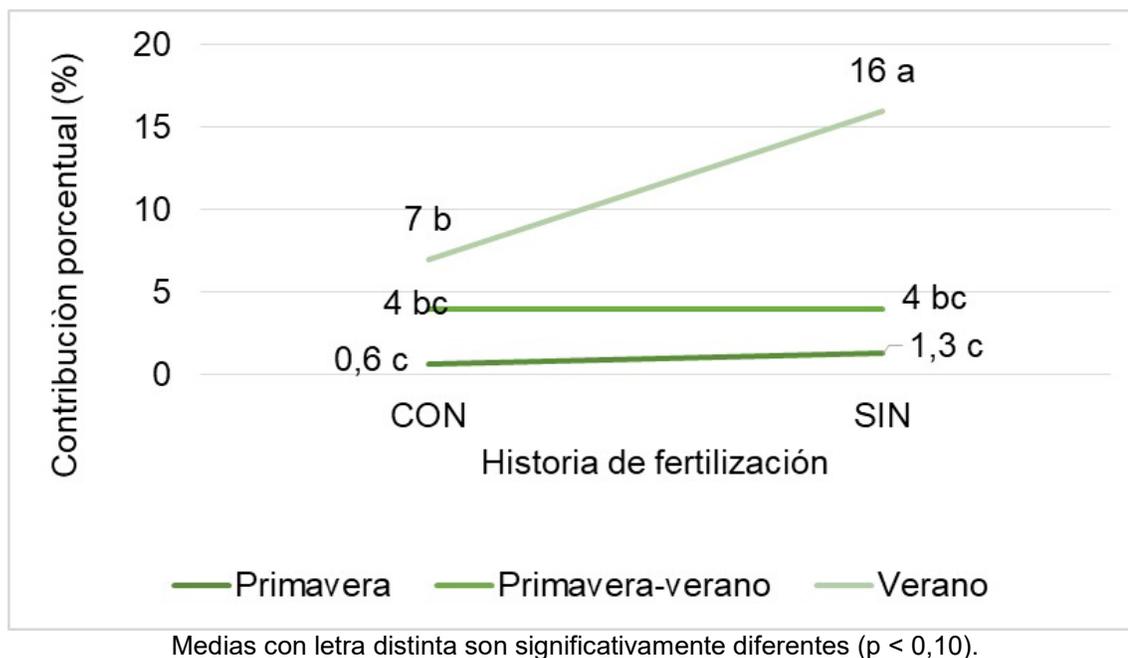


Figura No. 11. Interacción período x historia de fertilización sobre la contribución de *Paspalum notatum* en el experimento 2.

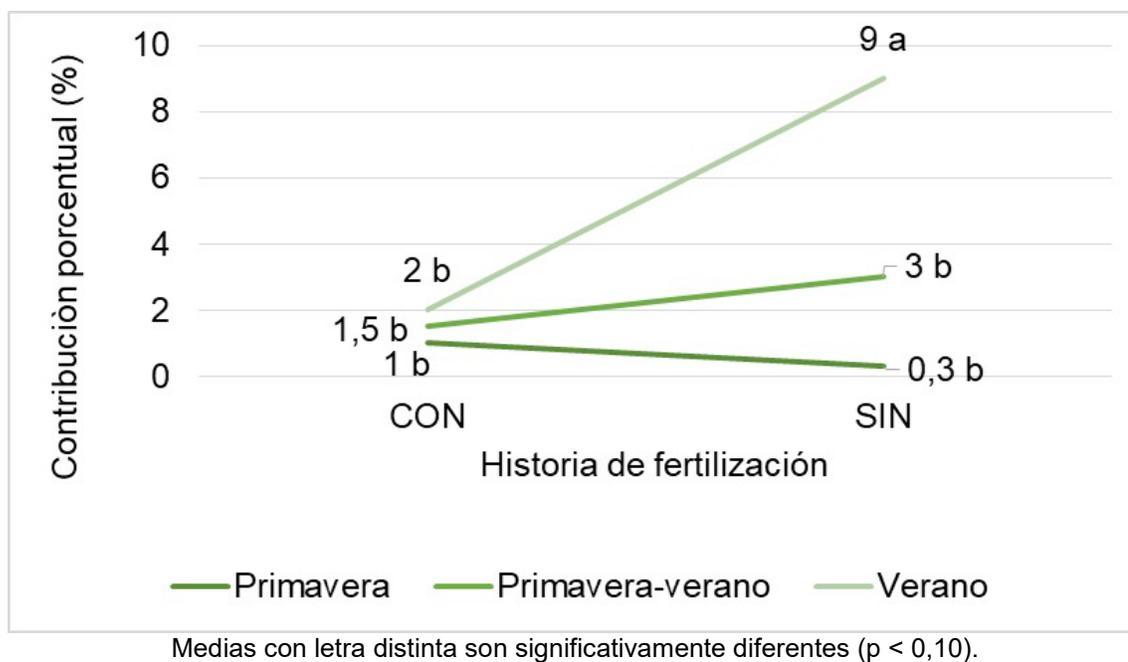


Figura No. 12. Interacción período x historia de fertilización sobre la contribución de gramíneas perennes estivales tiernas-ordinarias en el experimento 2.

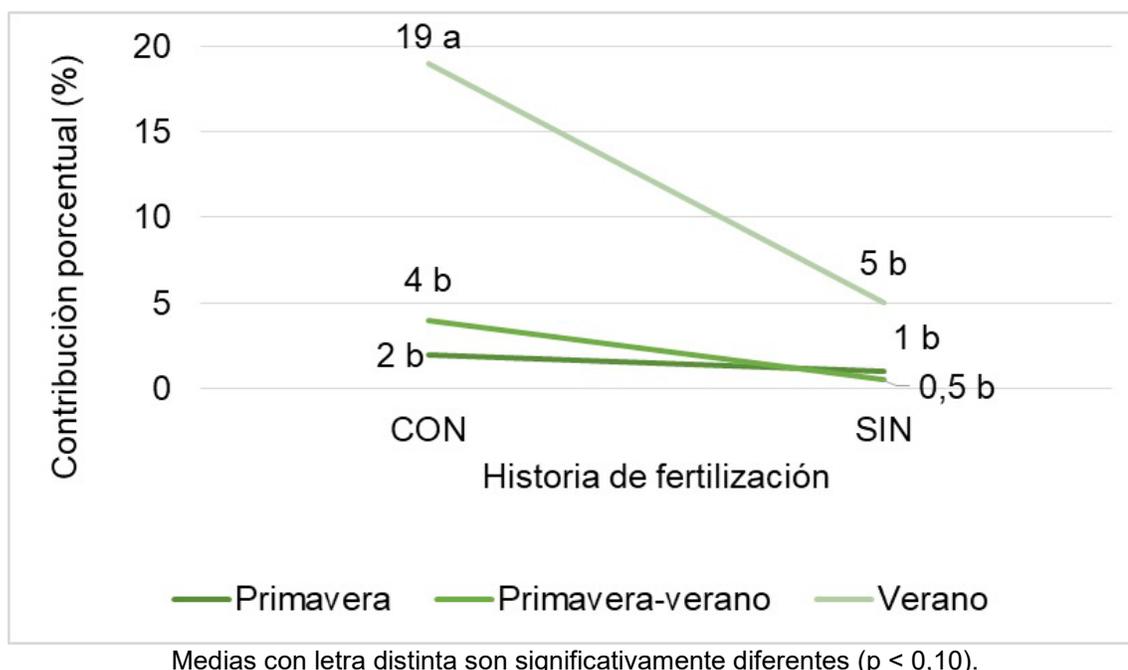


Figura No. 13. Interacción período x historia de fertilización sobre la contribución de malezas enanas en el experimento 2.

En lo que refiere a la interacción historia por período, en primer lugar aparece el caso del *Paspalum notatum* y las GPE (TO), quienes en verano muestran un comportamiento distinto a los otros sub períodos si lo comparamos en parcelas con diferente historia de fertilización, tal y como se puede observar claramente en la Figura No. 11 debido a la fusión de dos efectos, la mayor expresión de la especie por tratarse del período estival, y una menor expresión, y por ende participación en el tapiz, de las especies invernales por la misma razón.

Para el caso de las malezas enanas, en términos generales se ve una reducción de la participación de las mismas en el tapiz si la historia de fertilización va en decremento, viéndose este efecto mucho más acentuado en el período estival, ya que, en el mismo, las malezas enanas se expresaron de forma considerablemente mayor, por ser de este ciclo de producción la mayoría de las especies que conforman este grupo.

Cuadro No. 49. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según el efecto de la interacción entre el tratamiento historia y el período en el experimento 2.

Historia	Período	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
CON	Primavera	1 b	8 bc	2 c
CON	Primavera-verano	2 ab	32 a	7 bc
CON	Verano	3 a	20 ab	14 a
SIN	Primavera	1 b	1 c	3 bc
SIN	Primavera-verano	1 b	6 bc	7 bc
SIN	Verano	2 ab	7 bc	8 b

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

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas para el efecto de la interacción historia de fertilización por período para las variables MCS ($p=0,0983$) y MANT. ($p=0,0374$).

Para el caso de las malezas de campo sucio vemos como sin historia varía muy poco en el pasar de los sub períodos, pero si nos enfocamos en las parcelas con historia de fertilización previa, vemos como en los períodos de primavera-verano y verano se expresa muy fuertemente este componente. Aparecen las especies estivales aumentando mucho su participación y frecuencia dentro de parcelas con historia de fertilización, siendo muy importante la especie *Sida rhombifolia*, que fue tomada como MCS aunque en realidad sería una maleza menor en un tapiz sin intervenir, pero en este caso como se rompe la estabilidad del CN pasa a tener gran importancia.

4.3.2.3. Efecto tratamiento dosis

A continuación, se presenta como afecta la dosis a aplicar sobre las variables de composición botánica analizadas.

Cuadro No. 50. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento dosis en el experimento 2.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
N60	3.196 b	74	26
N120	3.694 a	73	27

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

En el Cuadro No. 50 se puede apreciar claramente cómo al aumentar la dosis de fertilización, la MSD aumenta significativamente, sin mostrar cambios significativos en lo que a la relación material verde/restos secos refiere.

Cuadro No. 51. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S.set.); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento dosis en el experimento 2.

	Lolium	S. set.	P. dilat.	P. not.	GPE (TO)	GPE (OD)	ME	Leg.	GPI (F)
N60	23 b	18	6	6	3	8	5	2	10 a
N120	28 a	16	5	5	3	5	6	2	6 b

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

En cuanto a la composición botánica refiere, el aumento de la dosis de fertilización, generó una sustitución de dos especies fundamentalmente. En el tratamiento N120, se observa como el *Lolium multiflorum* fue la especie que se vió favorecida, aumentando su proporción y haciendo que, de esta manera, la

proporción de las GPI finas, principalmente *Bromus auleticus*, se reduzca, si lo comparamos con la contribución específica en el tratamiento N60.

Cuadro No. 52. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento dosis en el experimento 2.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
N60	2	12	8 a
N120	2	13	6 b

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

No existen diferencias significativas en el porcentaje de SD y MCS entre los dos niveles de fertilización. Únicamente se presenta una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de MANT., el cuál disminuye significativamente al aumentar la dosis de fertilizante de 60 a 120 kgN/ha.

A continuación, se presentan los resultados de la composición botánica del forraje remanente en el experimento 2.

Cuadro No. 53. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento dosis en el experimento 2.

Tratamientos	MSR (Kg/ha)	MV (%)	RS (%)
N60	1.343 b	66 a	34 b
N120	1.722 a	59 b	41 a

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MSR ($p=0,0159$), MV ($p=0,0227$), RS ($p=0,0227$).

En cuanto a MSR, se observa una cantidad significativamente superior en el tratamiento N120. Este mayor remanente, presenta una cantidad significativamente superior de RS y, por ende, menor de MV que el tratamiento N60.

4.3.2.4. Efecto tratamiento historia

A continuación, se presentan los resultados de la composición botánica del forraje disponible en el experimento 2.

Cuadro No. 54. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento historia en el experimento 2.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CON	3.402	69 b	31 a
SIN	3.488	78 a	22 b

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

Como se puede observar en el Cuadro No. 54, se encontraron diferencias estadísticamente significativas tanto para MV ($p=0,0206$) como para RS ($p=0,0206$).

Se puede observar un mayor % MV en el disponible de los tratamientos sin historia de fertilización. Dicha diferencia está explicada por la mayor presencia de RS durante todo el período en el tratamiento con historia de fertilización previa.

Cuadro No. 55. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S.set.); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P.not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según tratamiento historia en el experimento 2.

	Lolium	S. set.	P. dilat.	P. not.	GPE (TO)	GPE (OD)	ME	Leg.	GPI (F)
CON	25	15	4 b	4 b	2	4	9 a	3	9 a
SIN	25	20	8 a	7 a	4	8	2 b	1	7 b

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

Como se puede observar en el Cuadro No. 55, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para *Paspalum dilatatum* ($p=0,0103$), *Paspalum notatum* ($p=0,0924$), malezas enanas ($p=0,0109$) y gramíneas perennes invernales finas ($p=0,0712$).

La mayor historia de fertilización nitrogenada, genera que el tapiz, se vaya volviendo cada vez más invernal debido a una sustitución de especies. Tal efecto se puede observar en el Cuadro No. 55, donde la contribución de especies estivales como *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum* se ve reducida en aquel tratamiento con mayor historia de fertilización. En contraposición, especies invernales, como las gramíneas perennes finas aumentan su presencia en este tratamiento.

En relación a las malezas enanas (ME), se puede observar una clara superioridad de las mismas en los tratamientos con historia de fertilización previa, lo que coincide con lo reportado por Rodríguez Palma et al. (2008) quienes reportan aumentos del 38% de la fracción de hierbas enanas, menores y leguminosas para el sexto año de fertilización.

Este mayor aporte de ME, y por lo tanto una sustitución de especies más productivas por estas, es un claro síntoma de degradación (Rosengurtt, 1943).

Cuadro No. 56. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según tratamiento historia en el experimento 2.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
CON	2 a	20	8
SIN	1 b	5	6

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

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la variable SD ($p=0,0732$).

Sumado a lo mencionado anteriormente con relación a las ME, la mayor proporción de SD en el tratamiento con historia de fertilización, producto de la abertura de la trama de la vegetación (Cardozo et al., 2008), también se considera síntoma de degradación.

En cuanto a la MCS, si bien no se reportaron diferencias estadísticamente significativas, se observa una clara superioridad en el tratamiento con historia de fertilización, lo cual se asocia a la mayor proporción de SD que este tratamiento presenta.

A continuación, se presentan los resultados del efecto historia de fertilización en la composición botánica del forraje remanente en el experimento 2.

Cuadro No. 57. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según tratamiento historia en el experimento 2.

Tratamientos	MSR (Kg/ha)	MV (%)	RS (%)
CON	1.919	64	36
SIN	1.146	61	39

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

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables analizadas en el remanente.

4.3.2.5. Efecto período

A continuación, se presentan los resultados del efecto período en la composición botánica del forraje disponible en el experimento 2.

Cuadro No. 58. Materia seca disponible en kg/ha (MSD) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según período en el experimento 2.

Tratamiento	MSD (kg/ha)	MV (%)	RS (%)
Primavera	4.213 a	83 a	17 b
Primavera-verano	4.104 a	65 b	35 a
Verano	2.017 b	72 b	28 a

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

Como se puede observar en el Cuadro No. 58, existen diferencias significativas tanto para MV ($p=0,0017$) como para RS ($p=0,0017$) en la MS disponible.

Los menores valores de MV en los períodos primavera-verano y verano, se deben a la acumulación de material senescente, producto principalmente de las especies invernales y, sobre todo, las invernales anuales, las cuales ya finalizaron su ciclo en los períodos mencionados.

Cuadro No. 59. Contribución porcentual en el forraje disponible de *Lolium multiflorum* (Lolium); *Stipa setigera* (S.set.); *Paspalum dilatatum* (P. dilat.); *Paspalum notatum* (P. not.); Gramínea perenne estival tierno-ordinario (GPE (TO)); Gramínea perenne estival ordinario-duro (GPE(OD)); Malezas enanas (ME); Leguminosas (Leg.); Gramínea perenne invernal fina (GPI (F)) según período en el experimento 2.

	Lolium	S. set.	P. dilat.	P. not.	GPE (TO)	GPE (OD)	ME	Leg.	GPI (F)
Primavera	63 a	10 b	2 b	1 b	1 b	0,3 b	1 b	1 b	14 a
Primavera- verano	13 b	22 a	9 a	4 b	2 b	7 a	2 b	2 b	6 b
Verano	0 c	20 a	6 a	11 a	6 a	11 a	12 a	4 a	4 b

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

La contribución porcentual por especies de la composición botánica fue diferente según el período evaluado. Como se puede observar en el Cuadro No. 59, existen diferencias estadísticamente significativas para todas las variables evaluadas.

En cuanto a las especies invernales (*Lolium multiflorum* y gramíneas perennes invernales finas) se puede observar la clara superioridad de las mismas en el período de primavera, sin embargo, su contribución se ve reducida significativamente en los demás períodos, producto de la finalización de su ciclo.

Lo opuesto ocurre con las especies estivales (*Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, gramíneas perennes estivales tierna-ordinaria, gramíneas

perennes estivales ordinaria-dura) cuya mayor presencia se observa en el período de verano, donde las mismas se encuentran en pleno crecimiento.

Cuadro No. 60. Cobertura porcentual de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) y mantillo (MANT.) en el forraje disponible promedio según período en el experimento 2.

Tratamiento	SD (%)	MCS (%)	MANT. (%)
Primavera	1 b	5 b	3 c
Primavera-verano	1 b	19 a	7 b
Verano	3 a	14 a	11 a

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

En cuanto a SD ($p=0,0008$), MCS ($p=0,0077$) y MANT. ($p<0,0001$) se encontraron diferencias estadísticamente significativas para estas variables según los diferentes períodos.

Como se puede observar en el Cuadro No. 60, la mayor presencia de MCS se da en los períodos de primavera-verano y verano, producto principalmente de los brotes de *Acacia caven*.

En cuanto a SD y MANT. respecta, los mayores valores se obtuvieron en el verano. Estos resultados se asocian al Cuadro No. 59, ya que la dominancia de especies anuales invernales, cuyo ciclo finaliza en la primavera, generan restos de materia orgánica en descomposición (mantillo) y posteriormente suelo desnudo (Ayala y Carámbula, 1994).

A continuación, se presentan los resultados del efecto del período en la composición botánica del forraje remanente en el experimento 2.

Cuadro No. 61. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según período en el experimento 2.

Tratamientos	MSR (Kg/ha)	MV (%)	RS (%)
Primavera	1.878 a	68	32 b
Primavera-verano	1.813 a	44	56 a
Verano	908 b	75	25 b

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

Como se puede observar en el Cuadro No. 61, existen diferencias significativas únicamente para la variable RS ($p < 0,0001$) en la MSR.

Los mayores valores de RS en el remanente se obtienen en primavera-verano, período en el cual se encuentra finalizando el ciclo de las especies anuales invernales, principalmente *Lolium multiflorum*, lo que genera una acumulación RS que al no ser apetecidos por el animal permanecen en el tapiz explicando gran parte de la MSR.

4.3.3. Producción secundaria

Las variables de producción secundaria en el experimento 2 fueron analizadas en función del efecto de los factores dosis, historia de fertilización, período y sus correspondientes interacciones.

Como se puede observar en el Cuadro No. 62, existen diferencias estadísticamente significativas en al menos una de las variables de producción secundaria analizadas para todos los efectos evaluados.

Cuadro No. 62. Resumen de la significancia estadística a los distintos efectos evaluados sobre las variables oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) en el experimento 2.

Variable	Efecto Dosis	Efecto Historia	Efecto Período	Efecto Interacción Historia x Dosis	Efecto Interacción Historia x Período
OF %	***	ns	***	**	ns
CI (kg/ha)	ns	**	***	**	***
CT (kg/ha)	ns	**	***	**	***
GMD (kg/a/d)	**	ns		ns	

ns: no significativo; * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.

A continuación, se analiza cada uno de los efectos para cada variable evaluada.

Cabe aclarar que las GMD, debido a problemas técnicos en el funcionamiento de la balanza se estimaron únicamente con el peso al inicio y fin del experimento de los animales, por lo que no es posible discriminar diferentes GMD para cada período evaluado (primavera, primavera-verano y verano).

4.3.3.1. Efecto interacción historia por dosis

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para la interacción historia por dosis.

Cuadro No. 63. Efecto de la interacción historia por dosis sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT) y ganancia media diaria por animal (GMD) para el experimento 2.

Historia	Dosis	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	GMD (kg/a/d)
CON	N60	6 b	3307 b	827 b	0,23 b
CON	N120	8 a	3238 b	809 b	0,49 ab
SIN	N60	6 b	3620 a	905 a	0,35 ab
SIN	N120	6 b	3784 a	946 a	0,62 a

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

Como se puede observar en el Cuadro No. 63, se detectaron diferencias estadísticamente significativas para el efecto de la interacción historia de fertilización por dosis para todas las variables analizadas, OF ($p=0,0101$), CI ($p=0,0444$), CT ($p=0,0444$), con excepción de la variable GMD.

En cuanto a las CI y CT, se puede observar que en situaciones con historia previa de fertilización (CON) las mayores cargas se obtienen en N60; sin embargo, cuando no hay historia previa de fertilización (SIN), la mayores cargas se obtienen en N120.

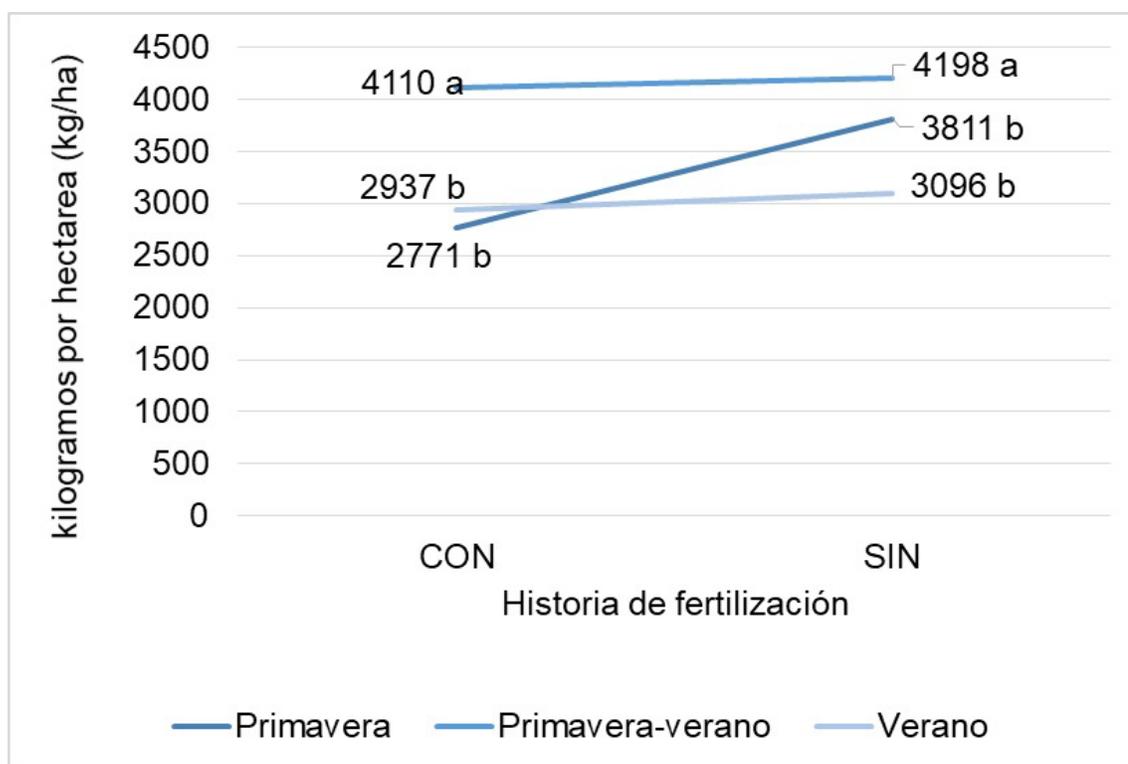
La mayor OF se obtuvo en la combinación de los tratamientos con historia de fertilización y N120. La superioridad de esta combinación en relación a la de los tratamientos con historia de fertilización y N60 se puede explicar por una disponibilidad de materia seca significativamente mayor (Cuadro No. 41) en el primero; mientras que la superioridad en relación a las demás combinaciones (sin historia de fertilización y ambas dosis), se debe a que presenta menos CI y CT, aunque los valores de MSD no se diferencien.

4.3.3.2. Efecto interacción historia por período

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para la interacción historia por período.

Existieron diferencias estadísticamente significativas para el efecto de la interacción historia de fertilización por período únicamente para las variables CI y CT (Cuadro No. 62).

Como se puede observar en las Figuras No. 14 y 15 las mayores cargas se obtienen siempre en el período primavera-verano independientemente de la historia de fertilización previa. Sin embargo, la interacción se detecta en el cambio de pendiente que sufren las variables CI y CT dependiendo de la combinación período por historia de fertilización previa.



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

Figura No. 14. Interacción historia de fertilización x período sobre la carga instantánea (CI) para el experimento 2.

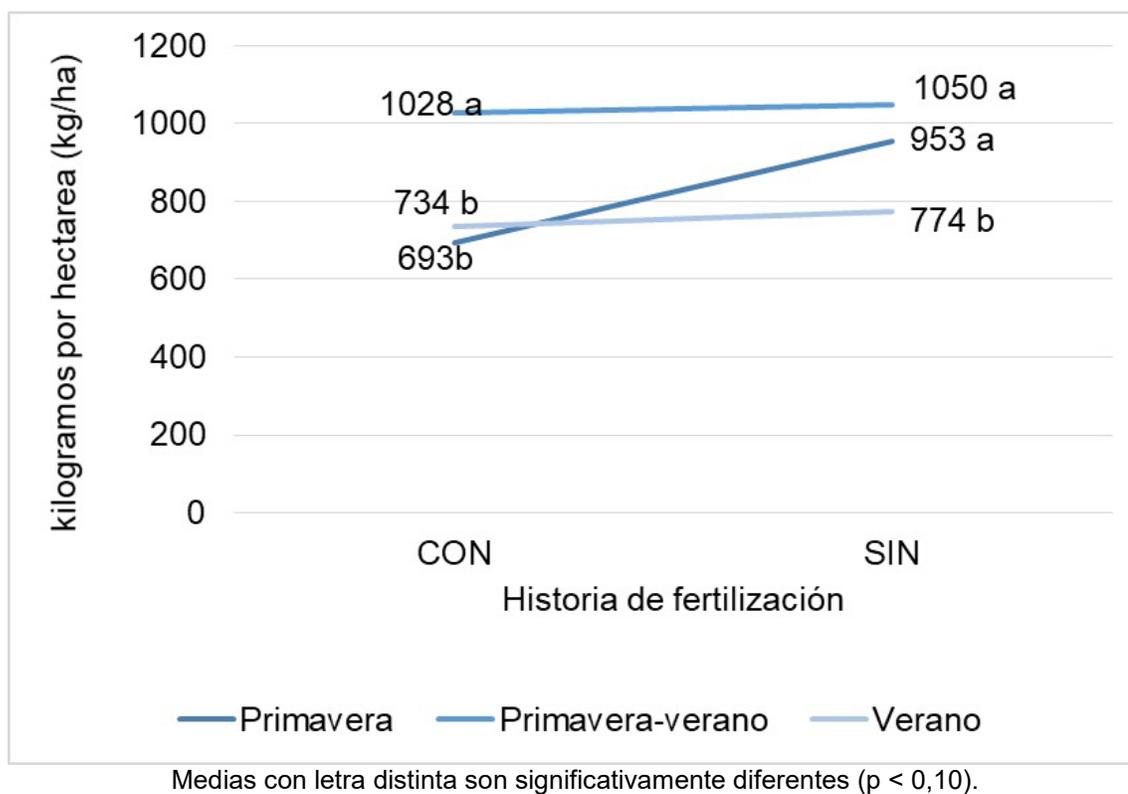


Figura No. 15. Interacción historia de fertilización x período sobre la carga total (CT) para el experimento 2.

4.3.3.3. Efecto tratamiento dosis

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para el efecto dosis.

Cuadro No. 64. Efecto de la dosis sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie (G) para el experimento 2.

Tratamiento	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	GMD (kg/a/d)	G (kg/ha)*
N60	6 b	3464	866	0,29 b	124
N120	7 a	3511	878	0,56 a	224

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

* G (kg/ha) no presenta análisis estadístico por falta de repetición.

Como se puede observar en el Cuadro No. 64, existen diferencias estadísticamente significativas para las variables OF ($p=0,0039$) y GMD ($p:0,0251$).

El tratamiento con mayor dosis de nitrógeno (N120) presentó mayor OF, explicado principalmente, por lo que se puede observar en el Cuadro No. 41, es decir, la mayor MSD en el tratamiento N120, y debido a que no hubo diferencia significativa ni en la CI ni en la CT, se generó esa variación en la OF.

Esta mayor OF en los tratamientos N120 determinó una mayor producción animal por hectárea (G) tal como fue descrita por Maraschin et al., citados por Nabinger et al. (2000) quienes determinaron que la misma aumenta conforme aumenta la OF.

La diferencia en GMD a favor de N120, se debe a como mencionó Nabinger y Carvalho (2009) a la disponibilidad global de forraje y la estructura general del pasto, las cuales fueron mejores en N120 (Cuadro No. 41), ya que las mismas determinan el comportamiento ingestivo, caracterizado por la profundidad de bocado, la tasa de bocado, el tiempo de búsqueda y aprehensión del forraje y el tiempo de pastoreo.

Además, la mayor OF en los tratamientos N120 permitieron cosechar un alimento de mayor calidad, tal como fue demostrado por Piaggio (1994) donde la selectividad por parte del animal fue mayor a medida que aumentaba la OF.

4.3.3.4. Efecto tratamiento historia

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para el efecto historia de fertilización.

Cuadro No. 65. Efecto de la historia de fertilización sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie (G) para el experimento 2.

Tratamiento	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)	GMD (kg/a/d)	G (kg/ha)*
CON	7	3273 b	818 b	0,36	145
SIN	6	3702 a	925 a	0,48	203

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

* G (kg/ha) no presenta análisis estadístico por falta de repetición.

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas para el efecto historia de fertilización tanto para CI ($p=0,0222$) cómo para CT ($p=0,0222$).

Analizando la ganancia por unidad de superficie, se observa como ésta, es considerablemente mayor en el tratamiento sin historia. Esto puede estar explicado por las variables CI y CT, las cuales son significativamente superiores en este tratamiento.

Por su parte, la GMD no denota diferencias significativas entre tratamientos, lo cual coincide con lo expuesto por Dougherty y Rhykerd (1985), quienes explican que el aumento en la producción secundaria que genera la fertilización nitrogenada se da por el incremento en la carga animal y no por un aumento en la performance individual.

En cuanto a la OF, si bien esta no presentó diferencias significativas, en términos absolutos, esta fue menor en el tratamiento sin historia, lo cual determina que la capacidad de seleccionar una dieta de mayor calidad por parte de los animales, fue menor.

4.3.3.5. Efecto período

Se analizan a continuación las variables de producción secundaria para el efecto período.

Cuadro No. 66. Efecto del período sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI) y carga total (CT) para el experimento 2.

Tratamiento	OF %	CI (kg/ha)	CT (kg/ha)
Primavera	9 a	3291 b	823 b
Primavera-verano	7 a	4154 a	1039 a
Verano	4 b	3016 b	754 b

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

Como se puede observar en el Cuadro No. 66, existen diferencias estadísticamente significativas para el efecto período para las variables OF ($p=0,0005$), CI ($p<0,0001$) y CT ($p<0,0001$).

El período primavera-verano presentó una CT y CI significativamente mayor a los demás períodos; sin embargo, junto con el período de primavera son los que presentan mayores OF.

Esta mayor OF en los períodos de primavera y primavera-verano son consecuencia de la mayor MSD (Cuadro No. 45) en dichos momentos. En contraposición, en el verano a pesar de que se tienen menores cargas en comparación a los demás períodos, la MSD es limitante generando por consiguiente bajas OF.

5. CONCLUSIONES

Se obtuvo una mayor producción de forraje en los tratamientos nitrogenados con relación al campo natural (CN) y campo natural mejorado (CNM).

Los diferentes niveles de intervención del CN no modificaron las GMD en el total del período.

La intervención del CN generó un cambio en la composición botánica, promoviendo la contribución de *Lolium multiflorum*, que determina una anualización del CN.

Cambios en la composición botánica producto de la intervención del campo natural permitió obtener GMD similares a menores ofertas de forraje.

La mayor historia de fertilización generó una menor producción de forraje en el total del período producto de la disminución de gramíneas perenne estivales consecuencia de la degradación del CN.

6. RESUMEN

Los experimentos fueron realizados en la Estación experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, que se encuentra ubicada sobre el km 363 de la ruta General Artigas, en el departamento de Paysandú, Uruguay, más precisamente en un área de 10,3 hectáreas que forma parte del potrero No. 18 (32° 23' 57" latitud Sur y 58° 2' 42" longitud Oeste). El período de evaluación estuvo comprendido entre el 17 de septiembre de 2020 y el 5 de marzo de 2021. Este período que comprende aproximadamente 6 meses y 2 estaciones (primavera y verano), fue dividido en tres sub-períodos: primavera (17/9/2020 al 14/11/2020), primavera-verano (14/11/2020 al 10/1/2021), verano (10/1/2021 al 5/3/2021). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva primavero-estival del campo natural sometido a diferentes tratamientos de intensificación, la introducción de leguminosas más la aplicación de fertilizante fosforado o dos niveles de fertilización nitrogenada más fertilización fosforada, bajo pastoreo rotativo con una oferta de forraje objetivo de 10 – 12% de PV para ambas estaciones. El diseño experimental para el experimento 1 fue en bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron, un testigo sin intervención (CN), un mejoramiento con leguminosas, más precisamente *Lotus tenuis* y *Trifolium pratense* (CNM), y dos niveles de fertilización nitrogenada, 60 kg/ha/año (N60) y 120 kg/ha/año (N120) aplicados en otoño-invierno. Además, los tres tratamientos intervenidos son fertilizados anualmente con 40 kg/ha/año de P₂O₅ en otoño. Por otro lado, el diseño experimental para el experimento 2 también fue en bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. En este caso los tratamientos fueron, dos niveles de fertilización nitrogenada, 60 kg/ha/año (N60) y 120 kg/ha/año (N120) aplicados en otoño-invierno. Estos tratamientos también son fertilizados anualmente con 40 kg/ha/año de P₂O₅ en otoño. A su vez, en este experimento se evaluó el efecto de la historia de fertilización. Las variables analizadas fueron: materia seca presente, materia seca producida, tasa de crecimiento diaria, materia seca disponible, materia seca remanente, altura de forraje disponible y remanente, materia seca desaparecida, composición botánica (con presencia de quince grupos botanales), relación verde/seco para el disponible y remanente, proporción de suelo descubierto, proporción de suelo cubierto por mantillo, proporción de suelo cubierto por malezas de campo sucio, peso vivo, carga, ganancia media diaria, ganancia por hectárea y oferta de forraje. Como resultado del experimento 1 se observó que el tratamiento N120 permitió aumentar la producción de forraje en el total del período respecto a los tratamientos CN y CNM, sin denotar diferencias significativas con el tratamiento N60. En cuanto a la producción secundaria, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el total del período en la ganancia media diaria de los animales. Sin embargo, la intervención del campo natural, tanto con el agregado de

leguminosas como de nitrógeno brindó a los animales forraje de mayor calidad, ya que a menor oferta de forraje (OF) obtuvieron ganancias no diferentes estadísticamente. Tanto el agregado de leguminosas como de nitrógeno generó un cambio en la composición botánica. Para el total del período evaluado *Lolium multiflorum* fue significativamente superior en los tratamientos CNM, N60 y N120, por su parte, *Paspalum dilatatum* presentó una contribución significativamente superior en el tratamiento CNM en comparación a N120, sin denotar diferencias significativas con los tratamientos CN y N60. Como resultado del experimento 2 se obtuvo que la mayor historia de fertilización generó una menor producción de forraje primavero-estival, en respuesta a la sustitución de gramíneas perennes estivales (*Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum*) por malezas enanas y MCS.

Palabras clave: Campo natural; Campo natural fertilizado; Nitrógeno; Campo natural mejorado; Leguminosas; Primavera – verano.

7. SUMMARY

The experiments were carried out at the Mario A. Cassinoni Experimental Station of the “Facultad de Agronomía – UdelaR” located on 363rd km of the “General Artigas” route, Paysandú, Uruguay; precisely 10,3 ha being part of stockyard 18. The evaluation period was from september 17th of 2020, to march 5th of 2021. This period was divided into three sub-periods: Spring (17/9/20 – 14/11/20), Spring-Summer (14/11/20 – 10/1/21); and Summer (10/1/21 – 5/3/21). The objective was to evaluate the productive response from Spring to Summer of the natural field with different levels of intensification, the introduction of legumes with phosphorus fertilization or two dosage of nitrogen fertilization and phosphorus fertilization, under rotational grazing by a forage offered of 10-12%. The experiment design used for experiment 1 was completely randomized blocks with four repetitions. The treatments were: without intervention (CN), an improvement with *Lotus tenuis* and *Trifolium pratense* (CNM), and two levels of nitrogen fertilization, 60 kgN/ha/y (N60), and 120 kgN/ha/y (N120) applied in autumn-winter. Besides, except the control treatment (CN) all the others were fertilized with phosphorus by 40 kgP₂O₅/ha/y in autumn. Otherwise, the experimental design used for experiment 2 was also completely randomized blocks with four repetitions, save that in this time the treatments were two levels of nitrogen fertilization: 60 kgN/ha/y and 120 kgN/ha/y applied in autumn-winter; both under phosphate fertilization once a year by 40 kgP₂O₅/ha in autumn. In this experiment, the effect of the fertilization history was also evaluated. The analyzed variables were: present forage, forage production, daily growth rate, available forage, remaining forage, available and remaining height, disappeared forage, botanical composition, relation between green forage and dry forage of available and remaining forage, percentage of bare ground, ground covered by mulch, and ground covered by dirty field weeds, live weight, stocking rate, average daily gain, gain per hectare, and forage allowance. As a result of experiment 1, it was observed that the N120 treatment was able to increase the forage production in comparison with CN and CNM, without showing significant differences with 60N treatment. Regarding the secondary production, no statistically significant differences were detected between the treatments for the total period in the average daily gain of the animals. However, the intervention of the natural field, either with the addition of legumes or the nitrogenous fertilization, provided the animals with higher quality forage, because even though they had lower forage offer (OF) they obtained statistically non-different gains. Both the addition of legumes and nitrogen generated a change in the botanical composition. For the total period evaluated, *Lolium multiflorum* was significantly higher in the CNM, N60 and N120 treatments, on the other hand, *Paspalum dilatatum* presented a significantly higher contribution in the CNM treatment compared to N120, without denoting significant differences with the CN and N60 treatments. As a result of experiment 2, it was obtained that the longer fertilization history generated a lower

spring-summer forage production, in response to the substitution of summer perennial grasses (*Paspalum dilatatum* and *Paspalum notatum*) by dwarf weeds and MCS.

Keywords: Natural field; Fertilized natural field; Nitrogen; Improved natural field; Legumes; Spring – summer.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Allden, W. G.; Whittaker, I. A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. (en línea). Australian Journal of Agricultural Research. 21(5): 755 - 766. Consultado 24 set. 2021. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/?paper=AR9700755>
2. Allen, M. 1996. Physical Constraints on Voluntary Intake of Forages by Ruminants. (en línea). Journal of Animal Science. 74(12): 3063 - 3075. Consultado 30 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2527/1996.74123063x>
3. Allen, V.; Batello, C.; Berretta, E.; Hodgson, J.; Kothman, M.; Li, X.; McIvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. (en línea). Grass and Forage Science. 66: 1 - 29. Consultado 14 abr. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
4. Allison, C. D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. Journal of Range Management. 38(4): 305 - 311.
5. Almeida, E.; Maraschin, E. G.; Harthmann, O.; Ribeiro, H.; Setelich, E. 2000. Oferta de Forragem de Capim-Elefante Anão 'Mott' e a Dinâmica da Pastagem. (en línea). Revista brasileira de zootecnia. 29(5): 1281 - 1287. Consultado 3 ago. 2021. Disponible en <https://www.scielo.br/j/rbz/a/79jKPW63hVqG5xFsLMP4t6m/?format=pdf&lang=pt>
6. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. 96 p.
7. Álvarez, M. C.; Álzaga, G.; Nopitsch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje del campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
8. Anderson, D. L. 1983. Compatibilidad entre pastoreo y mejoramiento de los pastizales naturales. Producción Animal. 10: 3 - 22.

9. Arnold, G. W.; Dudzinski, M. L. 1978. Ethology of free-ranging domestic animals. Amsterdam, Elsevier. 198 p.
10. Ayala, W.; Bermúdez, R. 1992. Fertilización fosfatada de pasturas. (en línea). *In*: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región este: resultados experimentales 1991 - 92. Treinta y Tres, INIA. pp. 49 - 59. Consultado 18 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
11. _____; Carámbula, M. 1992. Gramíneas para mejoramientos extensivos. (en línea). *In*: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región este: resultados experimentales 1991 - 92. Treinta y Tres, INIA. pp. 39 - 48. Consultado 18 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
12. _____; _____. 1994. Nitrógeno en campo natural. (en línea). *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33 - 42 (Serie Técnica no. 51). Consultado 28 mar. 2022. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121938.pdf>
13. _____; _____. 1995. Evaluación productiva de mejoramientos extensivos sobre suelos de Lomadas en la Región Este. (en línea). *In*: Mejoramientos extensivos: manejo y utilización. Treinta y Tres, INIA. pp. 26 - 35. (Serie Actividades de Difusión no. 75). Consultado 6 sep. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10887/1/Ad-75.pdf>
14. _____; 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).

15. _____; Bendersky, D. 2017. Modificaciones de la productividad del campo natural vía incorporación de especies y nutrientes; oportunidades y consecuencias. (en línea). 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. 14 - 23. Consultado 19 jul. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7112/1/Grupo-Campo-2017.pdf>
16. 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.
17. Bailey, D. W.; Gross, J. E.; Laca, E. A.; Rittenhouse, L. R.; Coughenour, M. B.; Swift, D. M.; Sims, P. L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. (en línea). Journal of Range Management. 49(5): 386 - 400. Consultado 13 ago. 2021. Disponible en <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/viewFile/9140/8752>
18. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49 - 56. (Serie Técnica no. 51). Consultado 20 abr. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8379/1/111219220807121938-p.49-56.pdf>
19. _____. 1998a. Caracterización de mejoramiento de campo bajo diferentes cargas con novillos durante tres años. (en línea). In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 83 - 90. (Serie Técnica No. 102). Consultado 21 oct. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630011107100024.pdf>

20. _____. 1998b. Mejoramiento de campo: manejo de leguminosas. (en línea). In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, 125 Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53 - 61. (Serie Técnica no. 102). Consultado 1 sep. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7812/1/ST-102-53-61.pdf>
21. _____. 2006. Productividad forrajera de comunidades del campo natural. In: Bemhaja, M; Pittaluga, O. eds. 30 años de investigación en suelos de areniscas (2006, INIA Tacuarembó). Montevideo, INIA. pp. 33 - 38. (Serie Técnica no. 159).
22. Berretta, E. J.; Levratto, J. C. 1990. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de especies. In: Seminario nacional de campo natural (2°, 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Tacuarembó, Hemisferio sur. pp. 197 - 203.
23. _____.; Bemhaja, M. 1991. Producción de pasturas naturales en basalto. B. Producción estacional de forraje de tres comunidades nativas sobre suelos de basalto. (en línea). In: Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 19 - 23. (Serie Técnica no. 13). Consultado 15 abr. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
24. _____. 1998a. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. (en línea). In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 91 - 97. (Serie Técnica no. 102). Consultado 27 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7817/1/ST-102-91-97.pdf>

25. _____. 1998b. Principales características de las vegetaciones de los campos de basalto. (en línea). In: Berretta, E. ed. Anales: XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos. Montevideo, INIA. pp. 11 - 19. (Serie Técnica no. 94). Consultado 7 oct. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807103205.pdf>
26. _____.; Levratto, J. C.; Risso, D.; Zamit, W. 1998a. 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).
27. _____.; Risso, D. F.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S. 1998b. Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. (en línea). In: Seminario de Actualización de las Tecnologías para Basalto (1998, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 73 - 84. (Serie Técnica no. 102). Consultado 20 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7814/1/ST-102-63-73.pdf>
28. _____. 2005. Algunas consideraciones sobre el pastoreo racional Voisin. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 115 - 123. (Serie Técnica no. 151). Consultado 15 sep. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf>
29. Boggiano, P. 2000. Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis Dr. Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomía. 191 p.

30. _____; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem na carga animal, produção e utilização da matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. *In*: Reunión Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia (37^{a.}, 2000, Viçosa). Trabalhos apresentados. Viçosa, s.e. s.p.
31. _____; Zanoniani, R.; Millot, J. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. (en línea). *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 105 - 113. (Serie Técnica no. 151). Consultado 20 abr. 2021 Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf#page=104>
32. _____; Berretta, E. 2006. Factores que afectan a biodiversidad vegetal del campo natural. *In*: Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos; Grupo Campos (21^{a.}, 2006, Pelotas). Trabalhos apresentados. Pelotas, Brasil, Embrapa. pp. 93 - 104.
33. _____; Zanoniani, R.; 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 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. 156 - 157.
34. _____; Nabinger, C.; Cadenazzi, M.; Maraschin, G. 2011. The impact of grazing intensity on photosynthetically active radiation absorbed by a fertilized natural pasture. *In*: International Rangeland Congress (9^{o.}, 2011, Rosario). Proceedings. Rosario, s.e. p. 695.
35. Bossi, J. 1969. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. 464 p.
36. Brum, S.; De Stefani, A. 1998. Efecto de la fertilización N-P sobre la producción de un campo natural de la región basáltica. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 120 p.

37. Burgos de Anda, A. 1974. Efecto de la fertilización mineral NP en la producción de forraje de campo natural. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p. Consultado 22 abr. 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/24638>
38. Cabreira, C.; Lopes, G.; Rosito, J. M.; Saldanha, J.; Denardin, C. E. 1988. Efeito da uréia sobre uma pastagem natural do Rio Grande do Sul. Revista do Centro de Ciências Rurais. 18(3-4): 355 - 367.
39. Cangiano, C. A. 1996. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. 145 p.
40. Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
41. _____. 1992a. Mejoramientos extensivos: fundamentos. (en línea). In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región este: resultados experimentales 1991 - 92. Treinta y Tres, INIA. pp. 12 - 16. Consultado 18 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
42. _____. 1992b. Manejo otoño-invernal de un mejoramiento extensivo. (en línea). In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región este: resultados experimentales 1991 - 92. Treinta y Tres, INIA. pp. 60 - 72. Consultado 19 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
43. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
44. _____. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. 357 p.
45. 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 del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur; Grupo Campos (22^a., 2008, Minas, Uruguay). Trabajos presentados. Minas, INIA. pp. 200 - 211.

46. Claramunt, M. 2015. Efecto de la oferta de forraje sobre parámetros productivos, reproductivos y eficiencia de uso del forraje de vacas primíparas en pastoreo de Campos de Basalto. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p.
47. Correa, F.; Alvim Silva, L. 1994. Carga e ganho animal em campo nativo melhorado. (en línea). 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). Consultado 27 oct. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807103205.pdf>
48. Dasci, M.; Comakli, B. 2011. Effects of fertilization on forage yield and quality in the range sites with different topographic structure. (en línea). Turkish Journal of Field Crops. 16(1): 15 - 22. Consultado 15 oct. 2021. Disponible en <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/158736>
49. Demment, M. W.; Greenwood, G. B. 1988. Forage ingestion; effects of sward characteristics and body size. Journal of Animal Science. 66(9): 2380 - 2392.
50. Do Carmo, M. 2013. Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre la productividad de la cría vacuna en campos de Uruguay. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p.
51. Dougherty, C. T.; Rhykerd, C. L. 1985. The role of nitrogen in forage animal production. In: Heath, M. E.; Barnes, R. F.; Metcalfe, D. S. eds. Forages: the science of grassland agriculture. Ames, Iowa State University Press. pp. 318 - 325.
52. Drawe, D. L.; Box, T. W. 1969. High rates of nitrogen fertilization influence coastal prairie range. (en línea). Journal of Range Management. 22(1): 32 – 36. Consultado 16 abr. 2021. Disponible en <https://repository.arizona.edu/handle/10150/647814>

53. Duhalde, M. E; Silveira, M. I. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada y mejoramiento de campo natural sobre la productividad invierno-primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 176 p.
54. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernandez, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. Revista Argentina de Producción Animal. 16(2): 119 - 142.
55. 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.
56. 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. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 13 - 18. (Serie Técnica no. 51). Consultado 3 sep. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8374/1/111219220807121938-p.13-18.pdf>
57. Garín, D.; Machado, A.; Rinaldi, C. 1993. Performance de novillos Holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural con *Lotus corniculatus* en cobertura. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 59 p. Consultado 1 nov. 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/24692/1/GarindeNardoDaniel.pdf>
58. Gasser, M. M.; Ramos, J. C.; Tiviano, J. C.; Vegetti, A. C. 2002. Anatomía foliar de *Bromus auleticus* y *Setaria lachnea* sometidas a digestión in situ. Revista de la Facultad de Agronomía. 105(1): 68 - 76.
59. Gomes, K.; Maraschin, G.; 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 (19^a, 2002, Corrientes). Trabajos presentados. Corrientes, Gráfica Payubre. pp. 238 - 239.

60. Gomes, L. H.; Maraschin, G. E.; Riboldi, J. 1998. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica da pastagem natural: I. Acumulação de matéria seca. *In*: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (17°. , 1998, Lages, SC, Brasil). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio. Lages, s.e. p. 136.
61. Gonçalves, E. N.; Carvalho, P. C. F.; Da Silva, C. E.; Dos Santos, D.; Diaz, J. A.; Baggio, C.; Nabinger, C. 2009a. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de desfolhação e seleção de dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(4): 611 - 617.
62. _____.; _____.; Kunrath, T. R.; Carassai, I. J.; Bremm, C.; Fisher, V. 2009b. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(9): 1655 - 1662.
63. Guevara, J. C.; Stasi, C. R.; Estevez, O. R.; Le Houérou, N. 2000. N and P fertilization on range production in Midwest Argentina. (en línea). *Journal of Range Management*. 53(4): 410 - 414. Consultado 21 abr. 2021. Disponible en <https://repository.arizona.edu/handle/10150/643782>
64. Hardoy, A.; Danelon, J. M. 1989. Selección de la dieta y consumo de rumiantes en pastoreo. *Nutrición Animal Aplicada*. 2(8): 32 - 34.
65. Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science into practice*. London, Longman. 203 p.
66. Ido, O. T.; de Moraes, A.; Pelissari, A.; Pissaia, A.; Koehler, H. 2005. Pastagem de azevém associada com leguminosas de inverno sob diferentes níveis de oferta de forragem, na região sul do Paraná. (en línea). *Scientia Agraria*. 6(1-2): 15 - 21. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/995/99516295002.pdf>

67. Jaurena, M.; Mayans, M.; Punschke, K.; Reyno, R.; Millot, J. C.; Labandera, C. 2005. Diversidad simbiótica en leguminosas forrajeras nativas: aportes para el mejoramiento sustentable del campo natural. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 9 - 14. (Serie Técnica no. 151). Consultado 1 sep. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf#page=8>
68. _____; Formoso, D.; Gomez Miller, R.; Rebuffo, M. 2013. Campo natural: Patrimonio del país y fundamento de la estabilidad productiva de la ganadería. (en línea). Revista INIA. no. 32: 31 - 35. Consultado 14 abr. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4846/1/revista-INIA-32.pdf>
69. Koukoura, Z.; Kyriazopoulus, A.; Mantzanas, K. 2005. Effects of fertilization on floristic diversity and herbage production in a grazed natural rangeland. (en línea). Grassland Science in Europe. 10: 307 - 310. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2005_GSE_vol10.pdf
70. Laca, E. A.; Ungar, E. D.; Seligman, N.; Demment, M. W. 1992. Effect of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogenous swards. Grass and Forage Science. 47(1): 91 - 102.
71. 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.
72. Launchbaugh, K. L.; Howery, L. D. 2005. Understanding landscapes use patterns of livestock as a consequence of foraging behavior. (en línea). Rangeland Ecology & Management. 58(2): 99 - 108. Consultado 12 ago. 2021. Disponible en https://www-jstor-org.proxy.timbo.org.uy/stable/3899870?seq=4#metadata_info_tab_contents

73. Leithead, H. L. 1975. El sistema de pastoreo "alta intensidad-baja frecuencia" aumenta la producción ganadera. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 19 oct. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/13-intensidad_frecuencia.pdf
74. Lemaire, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing; tissue turnover. In: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Brasil). Proceedings. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 117 - 139.
75. Lezama, F. 2014. La heterogeneidad espacial del campo natural en Uruguay. (en línea). In: Producción animal sostenible en pastoreo sobre Campo Natural. Montevideo, MGAP. pp. 26 - 32. Consultado 14 abr. 2021. Disponible en https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/libro_campo_natural_final_en_baja.pdf
76. Lorenz, R. J.; Rogler, A. G. 1973. Growth rate of mixed prairie in response to nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Range Management*. 26(5): 365 - 368.
77. Mas, C. 1992. Mejoramientos extensivos: antecedentes. (en línea). In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región este: resultados experimentales 1991 - 92. Treinta y Tres, INIA. pp. 1 - 11. Consultado 18 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
78. Mezzalira, J.; Carvalho, P. C.; 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. (en línea). *Ciencia Rural* (Santa María). 42(7): 1264 - 1270. Consultado 3 ago. 2021. Disponible en <https://eds-abstracts.com.proxy.timbo.org.uy/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=8df303aa-e4b2-4039-90c4-03ff0675afa0%40sessionmgr4006>

79. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigación Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico agropecuario 2020. (en línea). Montevideo. 270 p. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>
80. Molfino, J. H. 2009. Estimación del Agua Potencialmente Disponible en los Grupos CONEAT. (en línea). Montevideo, MGAP, INIA. 15 p. Consultado 27 dic. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4925/1/Molfino-J.H.-2009.-Estimacion-del-agua....pdf>
81. Montossi, F.; Risso, D. F.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93 - 106. (Serie Técnica no. 80).
82. _____; 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. (en línea). Montevideo, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113). Consultado 3 ago. 2021. Disponible en <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630081007130656.pdf>
83. Moojen, E. L.; Maraschin, G. E. 2002. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do rio grande do sul submetida a níveis de oferta de forragem. (en línea). *Ciência Rural*. 32(1): 127 - 132. Consultado 4 ago. 2021. Disponible en <https://www.scielo.br/j/cr/a/k6M6sD7gstxgwYT9fxjqLjy/?format=pdf&lang=pt>
84. Nabinger, C.; De Moraes, A.; Maraschin, G. E. 2000. Campos in southern Brazil. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, P. C. F. eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Cambridge, University Press. pp. 355 - 376.
85. _____; Carvalho, P. C. 2009. Ecofisiología de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su Sustentabilidad. (en línea). *Agrociencia (Uruguay)*. 8(3): 18 - 27. Consultado 4 ago. 2021. Disponible en <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/842/859>

86. _____.; _____.; Pinto, E.; Mezzalira, J. C.; Brambilla, D.; Boggiano, P. 2011. Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿es posible mejorarlos con más productividad? (en línea). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 19(3-4): 27 - 34. Consultado 3 ago. 2021. Disponible en https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/download/1637/645
87. Olson, K. C.; Rouse, G. B.; Malechek, J. C. 1989. Cattle nutrition and grazing behavior during short-duration-grazing periods on crested wheatgrass range. Journal of Range Management. 42(2): 153 - 158.
88. Parga, J.; Teuber, N.; Balocchi, O.; Anwandter, V.; Canseco, C.; Abarzua, A.; Lopetegui, J.; Demanet, R. 2006. Comportamiento del animal en pastoreo. (en línea). In: Manejo del pastoreo. Chile, FIA. pp. 69 - 89. Consultado 20 oct. 2021. Disponible en <https://www.consorcirolechero.cl/chile/documentos/publicaciones/24junio/manejo-del-pastoreo.pdf>
89. Pereira Rego, H. H. 1977. Efeito de doses de nitrogênio e intervalos entre cortes sobre a produção de matéria seca e proteína bruta de dois ecótipos de *Paspalum dilatatum* Poir, um ecótipo de *Paspalum notatum* fluegge e a cultivar Pensacola (P. notatum fluegge var. Saurae Parodi). Anuario técnico do IPZFO. 4: 201 - 232.
90. Piaggio, L. 1994. Parâmetros determinantes do consumo e seletividade de novilhos em pastejo de campo nativo melhorado. Tesis M.Sc. Rio Grande do Sul, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 439 p.
91. Pinto, J. C.; Costa, C. O. 1998. Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção de qualidade da matéria seca de *Bromus auleticus* trinius. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul: Zona Campos (17°. 1998, Lages, SC, Brasil). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio. Lages, s.e. 94 p.
92. Poppi, D. P.; Hughes, T. P.; L'Huillier, P. J. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol, A. M. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55 - 64. (Publicación Ocasional no. 10).

93. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. (en línea). In: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 27 - 32. (Serie Técnica no. 51). Consultado 27 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8376/1/111219220807121938-p.27-32.pdf>
94. Ríos, A. 1996. El uso y manejo de los suelos y la evolución florística de los agroecosistemas. (en línea). In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. pp. 95 - 100. (Serie Técnica no. 76). Consultado 27 oct. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135249.pdf>
95. Risso, D. F.; Zarza, A. R. 1981. Producción y utilización de pasturas para engorde. In: Utilización de pasturas y engorde eficiente de novillos. La Estanzuela, INIA. pp. 7 - 27. (Miscelánea no. 28).
96. _____; Pittaluga, O.; Berretta, E. J.; Zamit, W.; Levratto J.; Carracelas, G.; Pigurina, G. 1998. Intensificación del engorde en la región basáltica: I) Integración de campo natural y mejorado para la producción de novillos jóvenes. (en línea). In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 153 - 163. (Serie Técnica no. 102). Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630011107100024.pdf>
97. _____; Beretta, E. F.; Zarza, A.; Cuadro, R. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engorde de novillos en la región de Cristalino. (en línea). 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). Consultado 28 oct. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141215.pdf>
98. Rodríguez Palma, R.; Salkdanha, S.; Andion, J.; Vergnes, P. 2004. Fertilización de campo natural de Basalto: 1. Producción de Forraje. In: Reunión del Grupo Técnico Campos (20°. , 2000). Trabajos presentados. s.l., Udelar. pp. 298 - 299.

99. _____.; _____.; Andión, J.; Vergnes, P. 2008. Fertilización de campo natural; respuesta en producción de forraje. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajas del Cono Sur (22^a, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 197.
100. _____.; _____.; _____.; _____. 2009. Respuesta en producción animal a la fertilización de campo natural. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 13(3): 87. Consultado 21 dic. 2021. Disponible en <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/854/871>
101. _____.; Rodríguez, T. 2010. Fertilización de campo natural: productividad animal. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 14(3): 134. Consultado 21 dic. 2021. Disponible en <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/787>
102. Rosengurt, B. 1943. Estudio sobre praderas naturales del Uruguay: tercera contribución. Montevideo, Barreiro y Ramos. 268 p.
103. _____. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. 86 p.
104. Rovira, J. 1973. Manejo nutritivo del rodeo de cría. Montevideo, Hemisferio Sur. 338 p.
105. Scaglia, G. 1995. Aspectos nutricionales en el uso de los mejoramientos. (en línea). *In*: Mejoramientos extensivos: Manejo y Utilización. Treinta y Tres, INIA. pp. 19 - 25. (Serie Actividades de Difusión no. 75). Consultado 3 sep. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10887/1/Ad-75.pdf>
106. Scarlato, S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo, efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial de pastoreo. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.

107. Smith, J. L. 1994. Cycling of nitrogen through microbial activity. In: Hatfield, J. L.; Stewart, B. A. eds. Soil biology; effects on soil quality. Florida, Lewis Publishers. pp. 91 - 119. Consultado 3 sep. 2021. Disponible en <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781351076692/soil-biology-effects-soil-quality-hatfield-stewart>
108. Soares, A. B. 2002. Efeito da alteração da oferta de matéria seca de uma pastagem natural sobre a produção animal e a dinâmica da vegetação. Thesis PhD. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 180 p.
109. Stobbs, T. H. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures: Variation in the bite size of grazing cattle. Australian Journal of Agricultural Research. 24(6): 809 - 819.
110. Stuth J. 1991. Foraging behavior. In: Heitschmidt, R.; Stuth, J. eds. Grazing management: an ecological perspective. Oregon, Timber Press. pp. 85 - 108.
111. Tarazona, A. M.; Ceballos, M. C.; Naranjo, J. F.; Cuartas, C. A. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 25(3): 473 - 487. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295024923015.pdf>
112. Tothill, J. C.; Hargreaves, J. N. G.; Jones, R. N.; McDonald, C. K. 1992. Botanal: measuring the botanical composition of grazed pastures. St. Lucia, CSIRO. 24 p. (Tropical Agronomy Technical Memorandum no. 78).
113. Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2d. ed. Ithaca, Cornell University. 476 p.
114. Whitehead, D. C. 1970. Influence of light and temperature. In: Whitehead, D. C. ed. The role of nitrogen in grassland productivity. Bucks, CAB. pp. 66 - 68.
115. Young, J. A.; Blank, R. R.; Clements, C. D. 1999. Nitrogen enrichment and immobilization influence on the dynamics of and annual grass community. In: International Rangeland Congress (6th., 1999, Townsville, Queensland, Australia). People and rangelands building the future. Townsville, s.e. v.1, pp. 279 - 281.

116. 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). Montevideo, INIA. pp. 97 - 107. (Serie Técnica no. 94). Consultado 22 abr. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807103205.pdf>
117. Zanoniani, R. A. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. (en línea). Tesis MSc. en Ciencias Agrarias. Paysandú, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p. Consultado 22 abr. 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1790/1/0025zan.pdf>
118. _____; Boggiano, P; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 15(1): 115 - 124. Consultado 22 abr. 2021. Disponible en <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v15n1/v15n1a13.pdf>