

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA INTERVENCIÓN DE CAMPO NATURAL CON NITRÓGENO Y
LEGUMINOSAS EN VERANO OTOÑO SOBRE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA
Y SECUNDARIA

por

Juan Martín DUTRA DA SILVEIRA ROSSI
Gerónimo José FERNÁNDEZ PIQUET

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

Ing. Agr. (MSc.) Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. (MSc.) Nicolás Caram

Ing. Agr. (MSc.) Felipe Casalás

Fecha:

29 de septiembre de 2020

Autores:

Juan Martín Dutra da Silveira Rossi

Gerónimo José Fernández Piquet

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por el constante apoyo brindado durante todos los años de estudio.

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, Nicolás Caram, Felipe Casalás, Mónica Cadenazzi y Ramiro Zanoniani por la orientación y apoyo durante la realización de nuestra tesis.

A la estación experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de Facultad de Agronomía por brindarnos todo lo necesario para la realización del trabajo final.

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

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

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS PASTURAS NATURALES.....	3
2.2. EFECTO DEL NITRÓGENO	3
2.2.1. <u>Nitrógeno en el suelo</u>	3
2.2.2. <u>Nitrógeno en la planta</u>	3
2.2.3. <u>Efecto del nitrógeno en la producción de forraje</u>	4
2.2.4. <u>Cambios en la producción estacional</u>	5
2.2.5. <u>Cambios en la composición botánica</u>	6
2.2.6. <u>Cambios en la calidad de la pastura</u>	7
2.2.7. <u>Eficiencia de uso del nitrógeno</u>	7
2.2.8. <u>Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción animal</u>	8
2.3. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE (OF).....	9
2.3.1. <u>Efecto de la OF en la producción primaria y su composición</u>	9
2.3.2. <u>Efecto de la OF sobre la producción animal</u>	11
2.3.3. <u>Efecto de la OF sobre la estacionalidad de la pastura</u>	12
2.4. EFECTO DEL MEJORAMIENTO EXTENSIVO	13
2.4.1. <u>Introducción de leguminosas al campo natural</u>	13
2.4.2. <u>Preparación del suelo y método de siembra</u>	13

2.4.3.	<u>Época de siembra</u>	14
2.4.4.	<u>Fósforo</u>	15
2.4.5.	<u>Fertilización de la pastura mejorada</u>	15
2.4.6.	<u>Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje</u>	16
2.4.7.	<u>Efecto del mejoramiento sobre la composición botánica</u>	16
2.4.8.	<u>Efecto del mejoramiento sobre la calidad del forraje</u>	17
2.4.9.	<u>Efecto del mejoramiento sobre la producción animal</u>	17
2.5.	HIPÓTESIS	18
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	19
3.1.	CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	19
3.1.1.	<u>Localización del sitio experimental y periodo de evaluación</u>	19
3.1.2.	<u>Caracterización del sitio experimental</u>	20
3.1.2.1.	Geología y suelos	20
3.1.2.2.	Producción primaria y vegetación.....	21
3.1.2.3.	Antecedentes de pastoreo	21
3.1.2.4.	Condiciones climáticas	22
3.1.3.	<u>Descripción de los tratamientos</u>	22
3.1.4.	<u>Diseño experimental</u>	23
3.1.5.	<u>Animales experimentales</u>	25
3.2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	26
3.2.1.	<u>Manejo experimental</u>	26
3.2.2.	<u>Datos meteorológicos</u>	26
3.2.3.	<u>Determinaciones en la producción primaria y su composición</u>	26
3.2.3.1.	Estimación de la materia seca presente del disponible	26
3.2.3.2.	Estimación de la tasa de crecimiento diaria del forraje	28
3.2.3.3.	Estimación de la producción de la MS	28
3.2.3.4.	Estimación de la MS disponible	29
3.2.3.5.	Estimación de la altura de la MS presente del disponible.....	29
3.2.3.6.	Estimación de la composición botánica de la MS disponible	29
3.2.3.7.	Estimación de la MS remanente	29

3.2.3.8.	Estimación de la altura de la MS remanente	30
3.2.3.9.	Estimación de la relación verde/seco de la MS remanente	30
3.2.3.10.	Estimación de la MS desaparecida.....	30
3.2.4.	<u>Determinaciones en la producción secundaria y la OF</u>	30
3.2.4.1.	Peso vivo	30
3.2.4.2.	Carga animal	30
3.2.4.3.	Número de dietas	31
3.2.4.4.	Ganancia por animal.....	31
3.2.4.5.	Ganancia por unidad de superficie	31
3.2.4.6.	Oferta de forraje.....	31
3.3.	<u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	32
3.3.1.	<u>Producción primaria y composición botánica</u>	32
3.3.1.1.	Experimento 1.....	32
3.3.1.2.	Experimento 2.....	34
3.3.2.	<u>Producción secundaria y oferta de forraje</u>	35
3.3.2.1.	Experimento 1.....	35
3.3.2.2.	Experimento 2.....	37
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39
4.1.	<u>CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA</u>	39
4.1.1.	<u>Temperatura</u>	39
4.1.2.	<u>Precipitaciones</u>	40
4.1.3.	<u>Balance hídrico</u>	40
4.2.	<u>ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1</u>	42
4.2.1.	<u>Producción primaria y características de la pastura</u>	42
4.2.1.1.	Efecto del tratamiento.....	43
4.2.1.2.	Efecto de la estación	46
4.2.1.3.	Efecto de la interacción tratamiento*estación	47
4.2.2.	<u>Composición botánica</u>	51
4.2.2.1.	Efecto del tratamiento sobre el disponible	53
4.2.2.2.	Efecto de la estación sobre el disponible.....	56

4.2.2.3.	Efecto interacción tratamiento*estación en el disponible	59
4.2.2.4.	Efecto del tratamiento sobre el remanente	62
4.2.2.5.	Efecto de la estación sobre el remanente.....	63
4.2.2.6.	Efecto interacción tratamiento*estación en el remanente	64
4.2.3.	<u>Producción secundaria y oferta de forraje</u>	65
4.2.3.1.	Verano	66
4.2.3.2.	Otoño.....	68
4.3.	<u>ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2</u>	70
4.3.1.	<u>Producción primaria</u>	70
4.3.1.1.	Efecto del tratamiento.....	70
4.3.1.2.	Efecto de la estación	72
4.3.1.3.	Efecto de la historia de fertilización	73
4.3.2.	<u>Composición botánica</u>	74
4.3.2.1.	Efecto del tratamiento sobre el disponible	76
4.3.2.2.	Efecto de la estación sobre el disponible.....	79
4.3.2.3.	Efecto de la historia de la fertilización sobre el disponible.....	81
4.3.2.4.	Efecto del tratamiento sobre el remanente	83
4.3.2.5.	Efecto de la estación sobre el remanente.....	84
4.3.2.6.	Efecto de la historia de fertilización sobre el remanente.....	85
4.3.3.	<u>Producción secundaria y oferta de forraje</u>	85
4.3.3.1.	Verano	85
4.3.3.2.	Otoño.....	87
4.4.	<u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	89
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	94
6.	<u>RESUMEN</u>	95
7.	<u>SUMMARY</u>	97
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	99
9.	<u>ANEXOS</u>	107

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. 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 periodo de evaluación del experimento 1	43
2. Efecto del tratamiento sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 1 en el total del periodo	44
3. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 1 en el total del periodo.....	45
4. Efecto de la estación sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 1	46
5. Efecto de la estación sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 1	47
6. Efecto de la interacción sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 1 en el total del periodo.....	50
7. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del disponible del experimento 1	52
8. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del remanente del experimento 1	53
9. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible, y sobre las gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas y leguminosas expresadas en proporción.....	54

10. Efecto del tratamiento sobre las gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas y leguminosas expresadas en valores absolutos.....	55
11. Cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para las distintas estaciones en el experimento 1	57
12. Efecto de la estación sobre el forraje disponible, y sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras y restos secos expresadas en proporción en el experimento 1	57
13. Efecto de la estación sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras y restos secos expresadas en valores absolutos en el experimento 1	58
14. Forraje disponible, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para el efecto de la interacción en el experimento 1.....	59
15. Efecto de la interacción en el experimento 1 sobre las gramíneas perennes invernales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales ordinarias-duras, hierbas, restos secos y graminoides en proporción.....	61
16. Efecto de la interacción en el experimento 1 sobre las gramíneas perennes invernales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales ordinarias-duras, hierbas, restos secos y graminoides en valores absolutos.....	62
17. Efecto del tratamiento sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 1 para todo el periodo experimental.....	63
18. Cobertura de suelo descubierto y mantillo y cobertura de malezas de campo sucio en el remanente del experimento 1 bajo el efecto de la estación.....	64
19. Efecto de la estación sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 1	64

20. Cobertura de suelo descubierto y mantillo y cobertura de malezas de campo sucio en el remanente del experimento 1 bajo el efecto de la interacción.....	65
21. Efecto de la interacción sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 1	65
22. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y los tres contrastes sobre la oferta de forraje, número de dietas y ganancia media diaria por animal del experimento 1 en el verano.....	66
23. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el verano	67
24. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y los tres contrastes sobre la oferta de forraje, número de dietas y ganancia media diaria por animal del experimento 1 en el otoño	68
25. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el otoño	69
26. Resumen de la significancia estadística de los efectos analizados y de la historia de fertilización sobre las variables de producción primaria y características de la pastura para el total del periodo del experimento 2.....	70
27. Efecto del tratamiento sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 2 en el total del periodo	71
28. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible, altura del forraje presente a la entrada de los animales, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 2 en el total del periodo	71
29. Efecto de la estación sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 2	72
30. Efecto de la estación sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 2.....	72

31. Efecto de la historia de la fertilización sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 2	73
32. Efecto de la historia de la fertilización sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 2	74
33. Resumen de la significancia estadística de los efectos analizados y la historia de fertilización en las variables de la composición botánica del forraje disponible del experimento 2.....	75
34. Resumen de la significancia estadística de los efectos analizados y la historia de fertilización en las variables de la composición botánica del forraje remanente del experimento 2.....	76
35. Forraje disponible total, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para los tratamientos del experimento 2.....	76
36. Efecto del tratamiento sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, restos secos y leguminosas en proporción en el forraje disponible del experimento 2	77
37. Efecto del tratamiento sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, restos secos y leguminosas en valores absolutos en el forraje disponible del experimento 2	78
38. Efecto de la estación sobre el forraje disponible total, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para el experimento 2	79
39. Efecto de la estación sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas, restos secos y cardos expresados en proporción para el forraje disponible del experimento 2.....	79
40. Efecto de la estación sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas, restos secos y cardos expresados en valores absolutos para el forraje disponible del experimento 2.....	80

41. Forraje disponible total, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible según la historia de fertilización en el experimento 2	81
42. Efecto de la historia de fertilización sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, gramínoideas y leguminosas en proporción en el forraje disponible del experimento 2	81
43. Efecto de la historia de fertilización sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, restos secos, gramínoideas y leguminosas en valores absolutos en el forraje disponible del experimento 2	82
44. Efecto del tratamiento sobre la cobertura de suelo descubierto y mantillo, y cobertura de malezas de campo sucio en el forraje remanente del experimento 2	83
45. Efecto del tratamiento sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 2 para todo el periodo experimental.....	83
46. Efecto de la estación sobre la cobertura de suelo descubierto y mantillo, y cobertura de malezas de campo sucio en el forraje remanente del experimento 2	84
47. Efecto de la estación sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 2	84
48. Efecto de la historia de fertilización sobre la cobertura de suelo descubierto y mantillo, y cobertura de malezas de campo sucio en el forraje remanente del experimento 2	85
49. Efecto de la historia de fertilización sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción, y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 2 para todo el periodo experimental.....	85
50. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y la historia de la fertilización sobre las variables de la producción secundaria del experimento 2 en el verano	86
51. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y	

ganancia por unidad de superficie para el verano en el experimento 2.....	86
52. Efecto la historia de fertilización sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el verano en el experimento 2.....	87
53. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y la historia de la fertilización sobre las variables de la producción secundaria del experimento 2 en el otoño	88
54. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el otoño en el experimento 2.....	88
55. Efecto de la historia de fertilización sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el otoño en el experimento 2.....	89

Figura No.

1. Ubicación del sitio experimental dentro de la República Oriental del Uruguay.....	19
2. Croquis del sitio experimental en superposición con el mapa de suelos de la EEMAC.....	20
3. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del experimento 1.....	24
4. Croquis de la disposición de los bloques y los tratamientos del experimento 2.....	25
5. Temperaturas medias cada 10 días para el periodo de evaluación y para la serie 2002 – 2019	39
6. Precipitaciones acumuladas cada 10 días para el periodo de evaluación y para la serie 2002-2019.....	40
7. Evolución del almacenaje de agua en el suelo, la temperatura, la evapotranspiración real y la evapotranspiración potencial con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta, y los periodos con excesos o déficits hídricos	41

8. Efecto de la interacción tratamiento*estación en la tasa de crecimiento para el experimento 1.....	48
9. Efecto de la interacción tratamiento*estación en la producción neta de materia seca para el experimento 1.....	49
10.Efecto de la interacción tratamiento*estación sobre las leguminosas expresada en valores absolutos para el experimento 1.....	60
11.Efecto de la interacción tratamiento*estación sobre las leguminosas expresada en proporción para el experimento 1	61

1. INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria representa para el país el 5,6% del producto bruto interno (PBI) en dólares corrientes. En este sentido, el sector pecuario representó más del 50% de dicho PBI en el 2018. Por otro lado, la carne bovina representó el segundo producto con mayor valor en las exportaciones del 2017 con el 19,6% del total. Si a éste, se le incluye otros productos como la exportación de animales en pie, lanas, cueros y subproductos cárnicos pasa a ser el 28,8% del valor total de las exportaciones y el 37,8% del total de las exportaciones agropecuarias (MGAP. DIEA, 2018). Con lo que explica la importancia de la ganadería en general para el país.

A pesar de que el área de campo natural ha venido bajando, éste sigue representando el área con mayor relevancia en la producción animal. El área de campo natural representa el 73% del área dedicada a la agropecuaria, este 73% equivale a 11,2 millones de hectáreas. El 5,2% del área dedicada a la agropecuaria está ocupada con mejoramientos de campo natural y campo natural fertilizado. Éste 5,2% representa 0,8 millones de hectáreas. Es por lo que se puede afirmar que la mayoría de la producción animal se realiza sobre campo natural (MGAP. SNIG, 2019).

La producción ganadera ha aumentado solo un 16% de producción física desde el 2005 a la fecha, mientras que la producción de lana, cueros y actividades afines ha disminuido casi un 30% (MGAP. DIEA, 2018).

Por otro lado Aguirre (2018) luego de hacer un estudio de la productividad ganadera en Uruguay entre los años 2010 y 2017 observó que la producción de kg de peso vivo de ganado vacuno por unidad de superficie de pastoreo (kg de PV/há de SPG) varió entre 70 y 81. El mismo autor además muestra que el 5% superior presenta producciones entre 216 y 242 kg de PV/há de SPG, por lo que se evidencia la baja producción animal del país por unidad de superficie en relación a su potencial. Esta baja producción de carne en relación con el potencial es un gran problema para el país como para los productores ya que la ganancia económica no sería la potencial sino solo una parte de esta. La producción de forraje, la estacionalidad anual e interanual de la producción y la calidad del forraje del campo natural son tres variables que pueden estar afectando estos resultados de productividad secundaria.

Es así como los mejoramientos de campo en conjunto con fertilizaciones fosfatadas y las fertilizaciones N-P, podrían ser soluciones a este tipo de sistemas, y levantar restricciones para el aumento de la productividad. Estos aumentos de productividad secundaria se darían por un aumento de la producción de forraje, por un aumento de la calidad de éste y por un cambio en

la distribución de forraje a lo largo del año. Por lo que generar conocimientos en este tipo de tecnologías para el aumento de la productividad en base a pasturas naturales podría tener un alto impacto a nivel nacional, así como también en los productores que basan su producción ganadera en este tipo de pasturas.

1.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente trabajo es determinar la respuesta en la producción primaria y secundaria en el periodo verano-otoño ante diferentes niveles de intervención del campo natural, a través de la incorporación de leguminosas fertilizadas con fósforo o la incorporación de dos niveles diferentes de fertilización nitrogenada con una dosis constante de fósforo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar y determinar las diferencias en la producción primaria del campo natural frente a los tratamientos con diferentes niveles de intervención.

Evaluar y comprar las diferencias en la composición botánica de la pastura debidas a la incorporación de leguminosas y fósforo o la adición de diferentes niveles de nitrógeno con una fertilización constante de fósforo frente al campo natural.

Evaluar y comparar la ganancia de peso individual de los animales en las diferentes estaciones debidas a los diferentes niveles de intervención del campo natural.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS PASTURAS NATURALES

En el campo natural del Uruguay se encuentran más de cuatrocientas especies de gramíneas incluyendo a las invernales y a las estivales, las cuales en su mayoría son de valor forrajero (Formoso et al., 2013). Además, se pueden encontrar más de 100 especies de leguminosas, aunque dentro de un mismo potrero se aprecian en diferentes frecuencias, incluso pudiendo llegar a no encontrarse especies de esta familia (Formoso et al., 2013). Lo que caracteriza al campo natural es su variabilidad espacial que en parte está condicionada por los distintos suelos sobre los que se desarrolla la vegetación. A pesar de la gran variabilidad de especies dentro del campo natural se aprecia que existen ciertas características comunes a todos. Se encuentran principalmente especies de tipo C4 y en menor proporción del tipo C3 siendo raro la aparición de árboles, una baja relación gramíneas invernales/estivales y una baja proporción de leguminosas (Millot et al., 1987).

2.2. EFECTO DEL NITRÓGENO

2.2.1. Nitrógeno en el suelo

La mayor parte del nitrógeno no se encuentra disponible para las plantas, esto se debe a que el nitrógeno de la tierra se encuentra, en su mayoría, en las rocas ígneas de la corteza y el manto, pero éste no se encuentra disponible en el corto plazo para el aprovechamiento por parte de las plantas. La mayor reserva de nitrógeno para las plantas es la atmósfera, seguida por la materia orgánica del suelo. Dependiendo de la cantidad de materia orgánica que tenga el suelo, en los primeros 20 centímetros puede haber entre 1000 y 10.000 kg de nitrógeno por hectárea (Perdomo y Barbazán, 1999).

Para estar disponible para las plantas, el nitrógeno tiene que estar en forma inorgánica, por lo tanto, la mayor parte del nitrógeno del suelo no está disponible para las plantas por estar en forma orgánica (98%). El nitrógeno orgánico pasa a estar disponible para las plantas luego de procesos microbianos (Perdomo y Barbazán, 1999). Por último, la dinámica del nitrógeno está regulada principalmente por la actividad microbiana, los procesos serían la mineralización, amonificación entre otros.

2.2.2. Nitrógeno en la planta

Perdomo y Barbazán (1999) afirman que “*el nitrógeno es el nutriente que tiene mayores efectos sobre el crecimiento de la planta*”. Al igual que en el suelo, en la planta la mayoría del nitrógeno se encuentra en forma orgánica y una pequeña fracción como NO₃ que es la única forma inorgánica en la que se puede

almacenar. La importancia del nitrógeno para la planta se debe a que forma parte de moléculas muy importantes, entre ellas la clorofila (Perdomo y Barbazán, 1999).

Las plantas requieren grandes cantidades de nitrógeno para su correcto funcionamiento, por ejemplo, en un campo natural que produce entre 2-4 toneladas/há se requieren 50 kg de nitrógeno/há, y a medida que aumenta el rendimiento aumenta el requerimiento de nitrógeno (Perdomo y Barbazán, 1999).

Las plantas poseen entre el 1 y 5 % de su peso seco en nitrógeno, se aprecia que los tejidos jóvenes poseen mayor proporción que los viejos y que las leguminosas poseen mayor proporción de nitrógeno que las gramíneas. La acumulación es baja cuando la planta es chica, luego aumenta cuando la planta está en activo crecimiento y luego del activo crecimiento la absorción del nitrógeno disminuye (Perdomo y Barbazán, 1999). La curva de acumulación de materia seca copia a la curva de acumulación de nitrógeno ya que poseen la misma curva, pero la de acumulación de materia seca más tardíamente.

Las principales características de las deficiencias de nitrógeno son los tallos finos y hojas chicas de color pálidas verde amarillentas que se debe a la poca concentración de clorofila de la planta (Perdomo y Barbazán, 1999). En la fase reproductiva el nitrógeno trasloca mayoritariamente hacia las semillas y si es deficiente se dará una competencia interna por el mismo generando una deficiencia en las hojas más viejas (Perdomo y Barbazán, 1999).

En pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas cuando en el suelo hay una gran cantidad de nitrógeno se favorece a las gramíneas ya que éstas están mejor adaptadas a la competencia por luz, además de que grandes cantidades de nitrógeno en el suelo inhiben la fijación simbiótica por parte de la leguminosa. Cuando el nitrógeno del suelo es escaso se benefician principalmente las leguminosas por la fijación biológica y de manera secundaria la gramínea ya que las leguminosas van a liberar nitrógeno excedente al sistema (Perdomo y Barbazán, 1999).

2.2.3. Efecto del nitrógeno en la producción de forraje

El nitrógeno al ser un macronutriente es muy importante para el desarrollo de las plantas y generalmente se encuentra en cantidades deficitarias, por lo tanto al agregarlo actúa como un estimulante del crecimiento (Formoso, 1994). La respuesta de las plantas al nitrógeno está condicionada en gran parte por las condiciones climáticas durante y post aplicación y por el tipo de fertilizante aplicado, por ejemplo, cuando se aplica fertilizante de manera superficial en caso de que exista un déficit hídrico o un exceso de lluvia su efecto se verá disminuido. Otro factor muy importante al momento de evaluar qué efecto tendrá la

fertilización es la composición botánica del campo. Lo primero a analizar es la composición botánica del campo que es el que va a determinar cuál es el posible potencial de respuesta de éste a la fertilización. El potencial de respuesta está principalmente explicado por las gramíneas ya que éstas rápidamente van a producir sombreado y reducir la producción de leguminosas (Rebuffo, 1994). Debido a que en las pasturas naturales dominan las gramíneas (Ayala y Carámbula, 1994) es esperable una alta respuesta a la fertilización.

El potencial de respuesta de las gramíneas está explicado por su capacidad de aumentar el número como el tamaño de las macollas, proceso que se aprecia en el otoño principalmente (Rebuffo, 1994). El agregado de nitrógeno a las pasturas produce plantas más vigorosas, con más macollos por planta y mayor relación parte aérea/raíz lo que facilita el henificado y la cosecha por parte del animal (Bemhaja, 1994). Además, la respuesta de las gramíneas está condicionada por el estado fenológico de los tallos, ya que cuando están en estado reproductivo no aumentan la producción de forraje (Rebuffo, 1994). Por otro lado, la dosis de nitrógeno a agregar para lograr el rendimiento potencial está condicionada por el clima y por el tipo de suelo (Ayala y Carámbula, 1994).

Bemhaja et al. (1998) encontraron que el agregado de nitrógeno o la incorporación de leguminosas al campo natural modifican la composición botánica del mismo e incrementa la producción de forraje. La superioridad de producción se da ya sea por el agregado de nitrógeno o por el agregado de leguminosas que van a aportar nitrógeno al sistema. En basalto se aprecia una tendencia a que al aumentar la cantidad de nitrógeno aportado hasta 120 kg de N aumenta la producción y que la producción obtenida con 120 kg de N es igual a la obtenida cuando se agregan leguminosas. En suelos del litoral, Larratea y Souto (2013) no encontraron diferencias significativas en la producción de forraje en invierno y primavera al fertilizar con 60 o con 114 kg de nitrógeno. A pesar de no haber diferencias significativas, en el tratamiento de 114 N se aprecia una mayor tasa de crecimiento de la pastura y como consecuencia una mayor producción de forraje total. Por lo tanto, se aprecia una tendencia a una superioridad por parte del tratamiento 114 N.

2.2.4. Cambios en la producción estacional

Al momento de analizar el desempeño productivo de los predios se aprecia que la mayor limitante productiva no es la producción total anual de forraje sino la producción de forraje estacional que en gran medida es la que determina la producción animal anual (Ayala y Carámbula, 1994). De acuerdo con Bemhaja (1994), la adición de nitrógeno modifica la composición, distribución y producción de forraje aéreo y radicular. Cuando se fertiliza con nitrógeno (fin de otoño, fin de invierno y primavera) o se mejora un campo con leguminosas se

logra una dieta más equilibrada en el correr del año y una dieta de mayor calidad, ocasionado por el aumento de la producción de las especies invernales (Bemhaja, 1994).

Los estudios realizados muestran que el uso de nitrógeno aplicando en todas las estaciones, acentúa más la estacionalidad del campo natural, a pesar de que en el invierno también aumenta la producción de forraje, pero en menor proporción. Esto se da porque el campo natural está predominado por especies estivales que acompañadas por el clima pueden utilizar mejor el nutriente que las invernales en su etapa de crecimiento. La aplicación de nitrógeno en el invierno para aumentar la producción de dicha estación sería ineficiente por el metabolismo de las plantas y por las bajas temperaturas que afectan la utilización del nutriente. Por lo tanto, si lo que se busca es disminuir el déficit forrajero invernal, el nitrógeno debería ser aplicado en el otoño para diferir el forraje en pie al invierno y así lograr el objetivo de disminuir el déficit forrajero invernal (Ayala y Carámbula, 1994).

2.2.5. Cambios en la composición botánica

El nitrógeno tiene efectos sobre la composición botánica del campo, esto se debe al cambio en la fertilidad del suelo (Ayala y Carámbula, 1994). En estudios realizados por Ayala y Carámbula (1994) se aprecia que un aumento en la disponibilidad de nitrógeno trae aparejado un aumento de las especies anuales como por ejemplo *Vulpia australis*. Este efecto se debe principalmente a que en el campo había un banco de semillas latente de estas especies y que al levantar las restricciones nutritivas germinó (Ayala y Carámbula, 1994). Otro cambio que produce es la aparición y el aumento de frecuencia de especies invernales de tipo productivos más finos aumentando la calidad de la dieta (Bemhaja, 1994). Este cambio puede ser producido por el aumento de la fertilidad que va a levantar las limitantes nutritivas de estas plantas que son más exigentes nutricionalmente como por el uso de una oferta de forraje adecuada. Esto se puede apreciar en el caso del *Bromus auleticus* que al aumentar la fertilización nitrogenada aumenta tanto el número de plantas como el número de macollos por unidad de área. La oferta de forraje adecuada va a permitir que la especie prospere; cuando la oferta de forraje no es la adecuada se consumirán las reservas de éstas especies evitando que éstas rebroten y como consecuencia llevando a su desaparición (Boggiano et al., 2012). Otro claro ejemplo es el caso de la *Poa lanígera* en suelos de basalto, al fertilizar en los momentos críticos de esta especie (otoño y primavera) se logra un mayor número de plantas y plantas de mayor tamaño aumentando la producción y calidad del campo durante el invierno. De esta misma manera Bemhaja (1994) afirma que al fertilizar con nitrógeno, ocurre una mejor distribución de la producción ocasionada principalmente por un cambio en la composición botánica.

2.2.6. Cambios en la calidad de la pastura

La calidad de la pastura mejora al fertilizar con nitrógeno como también al realizar una interseembra de leguminosas (Bemhaja, 1998). Este cambio en la calidad es ocasionado por una baja en la fibra y un aumento de la proteína cruda de la dieta (Bemhaja, 1998). Cuando se compara la proteína cruda de la dieta buscando mantener la misma OF se aprecia que en los tratamientos fertilizados con 120 o con 60 kg de N y en el campo natural mejorado fue superior al campo natural (13,4; 12,4; 13,2 y 11,8 respectivamente) esta tendencia se encontró en los 2 periodos analizados. Al analizar la calidad de la dieta a la entrada y salida del pastoreo se apreció que siempre en la entrada la calidad de la dieta fue mayor mostrando una clara superioridad de calidad en el disponible respecto al remanente (Anfuso et al., 2016). En el mismo sentido que Bemhaja (1998), Berreta et al. (1998b) muestran que al aumentar la frecuencia de aparición de especies del tipo productivo fino se aumenta la proteína cruda y se disminuye la fibra.

2.2.7. Eficiencia de uso del nitrógeno

Cuando se analiza la eficiencia de utilización del nitrógeno de manera anual se ve un resultado positivo, pero es muy importante analizarla de manera estacional (Ayala y Carámbula, 1994). El agregado de nitrógeno no tiene una respuesta lineal ya que a altas cantidades de nitrógeno se empiezan a ver peores eficiencias de utilización (Ayala y Carámbula, 1994). Además, la eficiencia en la utilización del nitrógeno está condicionada por las lluvias, tanto un exceso como una falta de lluvia perjudica la utilización de éste y como consecuencia disminuye la eficiencia de uso (Rebuffo, 1994).

El campo natural es incapaz de aprovechar dosis altas de nitrógeno por lo tanto no se aprecian diferencias significativas entre aplicar 40 u 80 kg de nitrógeno por estación (Ayala y Carámbula, 1994).

Al analizar la aplicación de nitrógeno cuando se realizan defoliaciones cada 45 días se aprecia una muy baja eficiencia en la utilización de nitrógeno en invierno (1,5 kg MS/kg N) mientras que en la primavera y verano la eficiencia es significativamente mayor llegando a 14 kg MS/kg N (Ayala y Carámbula, 1994). La frecuencia de defoliación también juega un papel importante en la eficiencia de utilización del nitrógeno, cuando se realizan pastoreos en donde los tiempos de descanso son menores a la vida media foliar de la especie que se quiere favorecer con la aplicación de nitrógeno la utilización disminuye, aumentando cuando se le dan periodos de descanso más prolongados a la pastura (Ayala y Carámbula, 1994).

2.2.8. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción animal

La fertilización nitrogenada tiene consecuencias sobre la producción animal, que es el resultado de la ganancia diaria por animal y la carga por hectárea. Rodríguez Palma (2004) reporta para un campo de basalto que la fertilización con 100 unidades de N/há permitió una mayor ganancia diaria por animal y a su vez una mayor carga, lo que determina una mayor producción por superficie y así lograr un mejor resultado económico.

Manejando la misma altura de la pastura, el tratamiento fertilizado con 100 kg de N/há aplicados en otoño y en fin de invierno permitió soportar entre un 86% y 53 % más de carga que el tratamiento campo natural sin fertilizar dependiendo el año. En el año 1 se soportó un 86% más mientras que en el año 2 un 53% más sin encontrar diferencias significativas en la ganancia diaria por animal (Rodríguez Palma, 2004). Al analizar 15 años de experimento se concluyó que en 9 de los 15 años se soportó una mayor carga animal en el campo fertilizado con 100 kg de N que en el tratamiento sin fertilizar (Rodríguez Palma y Rodríguez, 2017). La ganancia de peso vivo por unidad de área fue significativamente mayor en el tratamiento fertilizado con nitrógeno frente al sin fertilizar en los 2 años. En el promedio de los 2 años se encontró una superioridad de 119% del fertilizado frente al campo natural testigo (Rodríguez Palma, 2004). Al analizar los 15 años de experimento se vio que en 7 años se logró una mayor ganancia de peso vivo por hectárea y no se aprecia ningún año de superioridad para el tratamiento no fertilizado (Rodríguez Palma y Rodríguez, 2017).

La ganancia por hectárea en el año 1 paso de 137,3 kg a 399,8 kg lo que significa que aumentó un 191% y en el año 2 la ganancia por hectárea paso de 170,5 kg a 272,6 kg lo que representa se logró un 59% más de peso vivo por hectárea. Esto ocurre como consecuencia del aumento de la producción de forraje y por lo tanto a misma oferta de forraje se pueden tener una mayor carga por hectárea (Rodríguez Palma, 2004). A pesar de que en el trabajo de Rodríguez Palma (2004) no encontró diferencias significativas en la ganancia individual, se puede apreciar que tanto en el año 1 como en el año 2 se da una pequeña superioridad en la ganancia individual que puede ser causada por un aumento de la calidad de la pastura.

Al igual que en los trabajos de Rodríguez Palma (2004), en los trabajos de Gómez (2000) se aprecia que a mayor fertilización de nitrógeno se puede soportar una carga mayor en términos de PV/há/día. Cuando no se fertiliza en primavera, la carga que se puede soportar es de 731 kg y cuando se fertiliza con 100 kg de N pasa a ser de 942 kg. Al aumentar la fertilización a 200 kg de N la carga aumenta a 1066 kg PV/há/día (Gómez, 2000). Además, Peirano y Rodríguez (2004) también apreciaron que la carga aumentó significativamente y

que la ganancia individual no tiene diferencias significativas. A pesar de esto se aprecia que los kg de carne producidos por hectárea en el periodo aumentaron un 158% pasando de 12 a 31 con un $p=0,138$.

Remarcando lo expuesto en los trabajos de Peirano y Rodríguez (2004) al igual que en el trabajo de Rodríguez Palma (2004), al fertilizar con nitrógeno hasta 200 kg por hectárea por año logró aumentar la carga del sistema y de esta manera aumentar la ganancia diaria por hectárea pasando de ganar 2 kg/día/há cuando no se fertilizaba a ganancias de 3,41 kg/día/há cuando se fertilizó con 200 kg de N (Nabinger et al., 2007).

En el trabajo realizado por Casalás et al. (2017) en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni se aprecia que al analizar las ganancias diarias por animal de manera anual hay solo hay diferencias significativas entre 60 N y campo natural. Estas diferencias muestran que al fertilizar con 60 kg de N se logran ganancias de 0,81 kg/animal/día, mientras que en el campo natural se logran ganancias de 0,55 kg/animal/día. Estas diferencias en la ganancia diaria por animal son explicadas por una mejor calidad del forraje consumido por los animales.

Al calcular la eficiencia de uso del nitrógeno a carne se comprobó que al aplicar 34 kg de N/há, por cada kg de nitrógeno aplicado se logró en promedio 3,3 kg de carne extra. Esta respuesta va a estar condicionada por el efecto año ya que se encontró una interacción significativa entre el nitrógeno agregado y el año (Berg y Sims, 1995). A medida que se aumenta la cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea se disminuye la eficiencia en el uso del nitrógeno haciendo que sea menos viable la aplicación económicamente (Berg y Sims, 1995). Al calcular la eficiencia de uso del nitrógeno a carne con los datos de Rodríguez Palma (2007) se vio que la eficiencia fue de 1 a 1,2 para 100 kg de nitrógeno por año aplicados en otoño e invierno.

Al analizar la ganancia diaria en el trabajo realizado por Gómez (2000) en Rio Grande del Sur, se aprecia que no se encontró diferencias significativas en la ganancia diaria entre las diferentes fertilizaciones debido a un alto coeficiente de variación que puede ser generado por la variabilidad de los animales.

2.3. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE (OF)

2.3.1. Efecto de la OF en la producción primaria y su composición

La OF es la variable que relaciona los kg de materia seca y el peso vivo animal (Maraschin et al., 1997), expresada como kilos de materia seca cada 100 kg de peso vivo (%). Cuando se ajusta la carga del campo se está influyendo

sobre la oferta forrajera ya que indirectamente se está determinando cuántos kilos de materia seca va a tener disponible el animal por día para pastorear (Nabinger et al., 2007).

De acuerdo con Berreta (1996) la dotación es el principal factor sobre el manejo de las pasturas, pudiendo ocasionar sub o sobrepastoreo. Por lo tanto, es de gran importancia poder determinar cuál es la dotación óptima del campo. Cuando se excede la capacidad de carga de un campo, se logra que cambie la comunidad vegetal hacia una menos productiva y de menor calidad, disminuyendo la disponibilidad y la tasa de crecimiento (Berreta, 1996). Por lo tanto, para lograr una pastura con gran diversidad de especies se debe tener un pastoreo controlado con la frecuencia y la intensidad correctas. Esta frecuencia e intensidad correcta es la que permite mantener una oferta de 10%.

Cuando la intensidad es muy alta o muy baja se da una pérdida de biodiversidad ya sea por el sub-pastoreo o por el sobrepastoreo. Para lograr el mayor índice de diversidad se recomienda manejar la oferta de forraje en 12 kg de materia seca por cada 100 kg de peso vivo, siendo éste importante para casos en los que hay condiciones adversas. Cuando la oferta de forraje es muy alta, se da un endurecimiento de algunas especies y producen matas generando sombramiento sobre otras de menor tamaño que tienden a desaparecer. A su vez, se pierde cobertura vegetal dejando suelo descubierto en donde pueden establecerse malezas o especies de peor productividad además de facilitar la erosión del campo. Por el contrario, cuando la oferta de forraje es muy baja, el sobre pastoreo tiende a hacer desaparecer especies cespitosas pasando a predominar especies de porte rastrero (Nabinger et al., 2007).

Hay estudios que demuestran que hay monocultivos que producen más que campos en los que hay gran diversidad. Esto se da cuando se siembra un monocultivo de alta producción y se le da todos los requerimientos para que el mismo se desarrolle sin limitantes y no cuando la diversidad disminuye por sobre pastoreo o sub-pastoreo ya que no se estaría en la situación de que el monocultivo sea de alta producción y calidad. La ganancia de una alta diversidad no se da solo en la producción total de forraje, sino que también se da por mayor estabilidad frente a condiciones adversas y frente a los cambios estacionales (Nabinger et al., 2007).

La oferta de forraje que hace mayor la tasa de acumulación de materia seca por hectárea por día es de 12 kg de MS por cada 100 kg de peso vivo (Nabinger et al., 2007).

Reffati et al., citados por Gallinal et al. (2016), determinaron que cambiando la oferta forrajera a lo largo del año es cuando se logran las mayores

producciones de forraje. Para lograr la mayor producción forrajera anual aconseja utilizar ofertas forrajeras de 12 kg forraje cada 100 kg de peso vivo durante todo el año salvo en primavera que recomienda 8 kg de forraje por cada 100 kg de peso vivo.

2.3.2. Efecto de la OF sobre la producción animal

A medida que se aumenta la oferta de forraje y la disponibilidad por unidad de área mejora la ganancia diaria del animal (Mott y Lucas, 1952). A pesar de tener una oferta de forraje adecuada si el forraje es muy bajo la ganancia del animal se verá disminuida porque el peso de bocado es bajo y será limitante por lo tanto el animal puede llegar a no satisfacer sus necesidades de consumo diarias (Nabinger et al., 2007).

Las mejores ganancias por animal ocurren cuando la disponibilidad por hectárea es alta por lo tanto no hay limitación física al consumo y cuando la oferta de forraje cuadruplica lo que el animal debe de comer por lo tanto el animal está seleccionando la dieta de mejor calidad. La oferta de forraje que hace óptima la ganancia por animal es 12 kg de materia seca cada 100 kg de peso vivo (Nabinger et al., 2007).

En un área determinada y con una disponibilidad de forraje determinada si se quiere aumentar la oferta de forraje lo que se debe de hacer es bajar la carga, es decir menos animales por unidad de área. Hasta cierto punto esta disminución de carga es decir menos cantidad de animales por unidad de área va a mejorar la producción por unidad de área ya que la producción individual va a ser mayor a la perdida ocasionada por tener menor carga (Nabinger et al., 2007).

La ganancia máxima por hectárea se logra con ofertas de forraje en torno a 10%, por lo tanto, la oferta que hace óptima la ganancia por hectárea es un poco menor a la que hace óptima la acumulación de materia seca por hectárea por día y también es menor a la oferta de forraje que hace máxima la ganancia por animal por día (Nabinger et al., 2007).

Soares et al. (2005) analizaron la ganancia media diaria en primavera y no encontró diferencias significativas, aunque se ve una tendencia a que las mayores ganancias se vieron con bajas ofertas de forraje. Cuando analizó la ganancia por hectárea en primavera tampoco encontró diferencias significativas. Se cree que no se encontró diferencias significativas porque las condiciones para el crecimiento de la pastura fueron favorables y, generalmente, las diferencias en producción entre distintas ofertas de forraje se aprecian cuando las condiciones son desfavorables. Cuando se analizó la ganancia media diaria (kg/animal/día) para verano, se encontró que las mayores ganancias se lograban con ofertas de

12 kg de MS cada 100 kg de peso vivo o con oferta de 8 en primavera y 12 kilogramos de MS cada 100 kg de peso vivo en verano seguido por 8 y 16 kg de MS cada 100 kg de peso vivo sin diferencias entre ellos. Para el verano cuando se analiza las ganancias por hectárea no se encuentran diferencias significativas, aunque los mejores resultados se logran con ofertas de forraje medias, 12 kg cada 100 de peso vivo (Soares et al., 2005). Durante el otoño, tanto para ganancia media diaria como para ganancia por hectárea, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Al analizar la ganancia media diaria en el invierno se aprecia que tampoco hay diferencias significativas entre los diferentes niveles de oferta de forraje fijos, pero si cuando se compara con 8 en primavera y 12 kg de materia seca cada 100 kg de peso vivo en invierno que se logran las mayores ganancias medias diarias. Se aprecia que en todos los niveles de oferta forrajera la ganancia media diaria es nula o incluso un poco negativa salvo cuando se utiliza una oferta de 8 en primavera y de 12 en invierno. Esto se puede explicar por la mayor calidad de la pastura en invierno cuando en primavera se manejan ofertas de forraje menores (Soares et al., 2005). La ganancia por hectárea también es mejor cuando se manejan ofertas de 8 en primavera y de 12 kg de materia seca cada 100 kg de peso vivo en invierno al igual que la ganancia media diaria.

Como conclusión se puede decir que el tratamiento de 8 a 12% fue el que tuvo mejores resultados en el correr del año (Soares et al., 2005).

2.3.3. Efecto de la OF sobre la estacionalidad de la pastura

Durante el período de primavera, la tasa de acumulación de forraje fue mínima cuando la oferta de forraje fue de 16 kg cada 100 kg de peso vivo. En los tratamientos de 8 y 12 kg de forraje cada 100 kg de peso vivo no se vieron diferencias siendo superiores que cuando la oferta fue de 16 kg de MS por cada 100 kg de peso vivo. La tasa de acumulación promedio de todos los tratamientos fue de 10,3 kg de materia seca por día por hectárea. Cuando se analizó el periodo verano otoño invierno se encontró una interacción entre oferta de forraje y estación del año. Se aprecia que en verano las mayores tasas de acumulación de materia seca se logran con una oferta de forraje de 8 kg de MS cada 100 kg de peso vivo seguido por 12 y 16 kg de ms por cada 100 kg de peso vivo sin diferencias significativas. En otoño no se aprecian diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. A pesar de esto, la tasa de acumulación de materia seca es inclusive mayor a una oferta forrajera de 12 en verano cuando es de 8 en primavera y 12 en verano. En invierno se aprecia que se logra la mayor acumulación de materia seca cuando se manejan ofertas de forraje de 16 kg de MS cada 100 kg de peso vivo seguido por 8 y 12 kg de materia seca cada 100 kg de peso vivo sin diferencias significativas entre ellos. Esta mayor acumulación de

forraje puede estar dada por una mayor participación de las especies de invierno junto a la aparición de las matas (Soares et al., 2005).

2.4. EFECTO DEL MEJORAMIENTO EXTENSIVO

2.4.1. Introducción de leguminosas al campo natural

Muchas veces el campo natural tiene la producción limitada por una baja calidad, es por lo que se busca el agregado de leguminosas para agregar una especie que aporta buena calidad a la pastura pero que además fija nitrógeno atmosférico. Al haber una mayor cantidad de nitrógeno disponible se espera que haya especies de tipo productivo más fino y por lo tanto un aumento de la producción secundaria.

Gracias a los estudios realizados se han obtenido mejoramientos de gran producción y de muy buena persistencia. Los estudios indican que las leguminosas mejor adaptadas a este tipo de siembra son el *Lotus corniculatus*, *Lotus subiflorus* y *Trifolium repens* (Risso, 1998).

El género *Lotus* posee la capacidad de poder desarrollarse en suelos ácidos ya que la nodulación ocurre a pH de 4,5 a pesar de tener su óptimo en 6. Una de las principales desventajas del género *Lotus* es su lenta nodulación y su susceptibilidad al pastoreo (Carámbula, 2007).

El *Lotus tenuis*, también conocido como lotus de los bajos presenta gran capacidad de adaptación, ya que prospera tanto en suelos con excesos como con déficit hídrico debido a su sistema radicular profundo. Se estima que esta especie se vería beneficiada por un pastoreo continuo, no intenso para así lograr una buena semillazón y una buena resiembra natural (Carámbula, 2007).

Respecto al *Trifolium pratense*, es una especie bianual que se puede llegar a comportar como trianual. Posee un alto grado de vigor inicial siempre y cuando se siembre en suelos fértiles y bien drenados. Posee gran tolerancia al sombreado y una alta producción otoño-invernal. Una característica importante de esta especie es que posee muy buena capacidad fijadora de nitrógeno por lo tanto es un gran mejorador de suelos (Carámbula, 2007).

2.4.2. Preparación del suelo y método de siembra

Para realizar la siembra de un mejoramiento se debe de asegurar el contacto de la semilla con el suelo y brindarle las condiciones necesarias para que la especie introducida crezca en el sistema (Risso, 1998).

Antes de la siembra para asegurar el contacto de la semilla con el suelo se debe de preparar el campo. Se puede preparar mediante la aplicación de

herbicida mediante el uso de maquinaria o incluso mediante el pastoreo. Cuando el método de acondicionamiento del campo es el pastoreo; el mismo debe de comenzar a ser manejado de manera correcta desde primavera y el tipo de vegetación es la determinante de qué tipo de manejo del pastoreo se debe realizar. Cuando la vegetación es cespitosa se debe de realizar un pastoreo frecuente e intenso para así lograr debilitar un poco la vegetación y mejorar la capacidad de competencia de la especie sembrada. Cuando la vegetación es rastrera se deben realizar pastoreos poco frecuentes e intensos para así lograr que la vegetación se levante y deje espacio en el suelo para el correcto establecimiento de la especie a sembrar (Risso, 1998).

Cuando se utiliza herbicida lo que se logra es debilitar la vegetación dejando gran cantidad de hojas marchitas que van a proteger a la semilla de la desecación y a las plantas de las bajas temperaturas. Al usar herbicidas la disminución de la competencia del tapiz natural frente a la especie sembrada es mayor que en el caso de que se utilice el pastoreo ya que la vegetación estará afectada en mayor medida. Al utilizar el herbicida se aprecia mayor porcentaje de recubrimiento por la especie implantada pero también se aprecia la aparición de especies anuales como por ejemplo la carnícera (Risso, 1998).

Cuando el campo está bien preparado no se encuentran diferencias significativas entre el uso de diferentes herramientas para la siembra, cuando el tapiz va a ejercer competencia se aconseja utilizar maquinaria que remueva el tapiz vegetal y que estimule la mineralización como por ejemplo una excéntrica o una sembradora directa (Pallares y Pizzio, 1998).

2.4.3. Época de siembra

La mejor época de siembra para los mejoramientos sería en otoño, en los meses de abril y mayo (Pallares y Pizzio, 1998). En base a Carriquiry et al. (1998) se aprecia que tanto en lotus como *Lolium multiflorum*, no hay diferencias significativas entre sembrar en abril o mayo, pero si en junio ya que la producción al primer pastoreo será menor sembrado en junio mientras que el *Trifolium repens* tiene diferencias significativas siendo mejor sembrarlo en abril seguido por mayo y junio respectivamente.

Al realizar la siembra temprano en el otoño las plántulas tendrán que competir contra el tapiz del verano que está en activo crecimiento mientras que al sembrar más tarde en el otoño habrá una menor competencia con el tapiz vegetal pero las plántulas estarán expuestas a bajas temperaturas ocasionando muertes de plántulas, un lento crecimiento inicial y baja nodulación. Es por lo que tanto en siembras tempranas como tardías es muy importante una correcta preparación del tapiz del campo a sembrar (Carámbula et al., 1994).

2.4.4. Fósforo

El fósforo es un macronutriente que actúa como primera limitante. El fósforo en el suelo se puede clasificar en tres grandes grupos. El primer grupo es el fósforo presente en la solución del suelo, el segundo grupo es el fósforo bajo formas de compuestos inorgánicos y el último en materiales orgánicos o humus. Tanto el fósforo orgánico como el inorgánico pueden estar fijados o de forma lábil. El fósforo lábil es el primero que puede pasar a la solución del fósforo en el suelo que es el que está disponible para las plantas. El fósforo en el suelo sufre varios procesos que determinan su disponibilidad. El fósforo para ser absorbido por las plantas tiene que estar disuelto en la solución del suelo y al ser un nutriente que no es móvil es muy importante la densidad de las raíces de las plantas y la concentración de fósforo en el suelo. El pH del suelo va a determinar la cantidad de fósforo retenido. En suelos ácidos se puede dar la precipitación que es que el fósforo reacciona con Fe o Al o la adsorción que a mayor cantidad de arcilla este fenómeno será mayor. En suelos calcáreos se puede dar la precipitación al reaccionar con calcio y se puede dar la adsorción sobre carbonatos de calcio (Hernández, 2013).

Dentro de las funciones del fósforo en la planta una de las más importantes es la acumulación y transferencia de energía obtenida de la fotosíntesis. La energía es almacenada en una molécula entre enlaces de fósforo conocida como ATP. También es muy importante ya que forma parte de estructuras vitales de la planta tales como ARN y ADN y fosfolípidos.

Deficiencias de fósforo traen consecuencias sobre las plantas y como consecuencia sobre la producción primaria. Las consecuencias que traen sobre las plantas son principalmente plantas pequeñas con un tallo débil y un sistema radicular reducido. Dentro de la planta se ve una competencia por fósforo, éste es transferido a los tejidos más jóvenes notando la deficiencia en los tejidos más nuevos. Los requerimientos de las plantas son entre 5 y 50 kg de P_2O_5 por hectárea por año, dependiendo del cultivo y del rendimiento.

2.4.5. Fertilización de la pastura mejorada

Al analizar el comportamiento de implantación y de persistencia de la pastura se analizaron diferentes dosis y se apreció que el fósforo no tiene un efecto significativo sobre la implantación, pero si sobre la persistencia ya que al año y medio de siembra la cantidad de plantas era 3 veces mayor cuando se sembró con fósforo sin encontrar diferencias entre las diferentes dosis (20, 40, 60, 80, 100 kg/há de P_2O_5 (Pallares y Pizzio, 1998).

En el mismo sentido se vio que las leguminosas tienen respuestas positivas a incrementos en la fertilización fosfatada inicial aunque las respuestas

mayores se encuentran cuando se pasa de 30 a 60 kg de P₂O₅. Es importante considerar todas las ventajas que aporta la fertilización con fósforo, desde una buena implantación, mejor persistencia y permite que se concrete una eficiente simbiosis leguminosa-rizobio (Carámbula et al., 1994).

Todas las leguminosas responden a dosis crecientes de fertilización inicial fosfatada a pesar de que algunas tienen mayor respuesta que otras. El género *Lotus* integra el grupo de los con una baja respuesta a la fertilización inicial. Se apreció que la dosis óptima para la implantación de leguminosas es de 60 kg de P₂O₅, en cambio para gramíneas no se encontró mejoras significativas para fertilizaciones superiores a los 30 kg de P₂O₅ (Carámbula et al., 1994).

Cuando se analiza el experimento realizado por (Carriquiry et al., 1998) se aprecia que las leguminosas tienen respuesta diferencial creciente frente a las diferentes dosis aplicadas (30, 60, 90 kg/há de P₂O₅) mientras que el raigrás tiene respuesta hasta 30 kg/há de P₂O₅. Además, se aprecia que cuando la fertilización fosfatada y la siembra son realizadas de manera temprana se aprecia mayor respuesta a la fertilización que cuando es realizada de manera tardía.

2.4.6. Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje

El mejoramiento del campo natural con leguminosas permite aumentar la producción de forraje. Al comparar la producción otoño-invernal se aprecia que el *Trifolium repens* es el de mayor producción seguido por el *Lotus pedunculatus* cv. Maku (Risso, 1998).

Al introducir leguminosas en el campo natural se espera que lentamente empiecen a aparecer especies productivas invernales. En muchos campos estas especies productivas invernales no aparecen por lo tanto lo más acertado sería incorporarlas al sistema mediante la siembra de éstas para así lograr mayor productividad y estabilidad productiva (Risso, 1998).

Al analizar 5 años de experimento realizado en la región del cristalino se aprecia que los campos mejorados tienen una producción superior al campo natural testigo. Esta superioridad se da por la fijación simbiótica de nitrógeno y por la fertilización fosfatada que eleva la fertilidad del suelo logrando que se instalen especies más productivas (Berreta et al., 2002).

2.4.7. Efecto del mejoramiento sobre la composición botánica

Al analizar los cambios ocurridos en la composición botánica, se aprecia un aumento en la cantidad de especies invernales. Al realizar la comparación por medio del coeficiente de correlación de Spearman, se observó diferentes listas de especies comparando antes con después de realizado el mejoramiento. Las

especies que dominaron fueron *Poa lanígera* y *Stipa setigera*, llegando a cubrir el 41% del suelo (Berreta, 1998).

Al comparar la composición botánica de un campo mejorado con lotus, *Trifolium repens* y trébol carretilla se vio que las gramíneas nativas eran parecidas en ambos campos, pero que se vio en el campo natural mejorado mayor presencia de *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Paspalum almun*, *Sporobolus*, *Stipa* y *Cohelorchis* mientras que en el campo natural se apreció mayor proporción de *Andropogon lateralis*, *Aristida uruguayensis* y *Bothriocloa selloana*. Cuando se compararon las leguminosas en el campo natural mejorado, se observó que las especies sembradas que fueron las que mejoraron la producción animal (Pallares y Pizzio, 1998).

Al analizar los datos del experimento en el cristalino se aprecia que en los mejoramientos que se fertilizan con fósforo y se agregan leguminosas hay un cambio en la composición botánica. Este cambio queda demostrado al verse un aumento de las especies invernales y del tipo productivo fino y tiernos nativos. Este cambio de composición botánica ocurre como consecuencia de un pastoreo con carga óptima, y un aumento tanto de nitrógeno como de fósforo en el suelo. Este aumento en la fertilidad mejora las condiciones químicas del suelo (Berreta et al., 2002).

2.4.8. Efecto del mejoramiento sobre la calidad del forraje

Al sembrar especies en cobertura se logra un incremento de la calidad general de la pastura. Se aprecia que todas las leguminosas mejoran la digestibilidad de la materia orgánica y aumentan el porcentaje de proteína cruda. Las leguminosas que más mejoran la digestibilidad de la materia orgánica es el *Trifolium repens* cv. Zapicán y la leguminosa que aporta mayor cantidad de proteína cruda a la pastura es el *Lotus pedunculatus* cv. Maku además es importante destacar que el *Lotus pedunculatus* posee taninos que ayudan al mejor aprovechamiento de la proteína por parte del animal. Es importante destacar que estos datos son promedio de toda la pastura durante todo el año (Risso, 1998).

2.4.9. Efecto del mejoramiento sobre la producción animal

Garín et al. (1993) determinaron que cuando la pastura tenía menos de 13 cm. la ganancia por hectárea se veía disminuida y esta disminución se debió a la caída de la calidad de la pastura.

Ayala y Carámbula (1995) determinaron sobre la Unidad Alférez que sin importar la carga (1.07 y 1.22 UG/ha) se lograban ganancias significativamente superiores en el campo natural mejorado.

En corrientes se analizó el efecto del mejoramiento del campo natural sobre la producción animal. En este caso se mejoró con trébol blanco y lotus y trébol carretilla. Para analizar el comportamiento del campo natural se dejó la carga constante en 0,8 unidades ganaderas por lo tanto de esta manera se puede analizar solo el aumento de ganancia por animal y como consecuencia de esta una parte de lo mejorado por hectárea ya que en caso de que en un potrero la disponibilidad de forraje sea excedente no se estaría aprovechando más que para aumentar la selección por parte del animal pudiendo ocasionar desperdicios. No se puede analizar la ganancia por hectárea ya que la misma está dada por la interacción entre la carga y la ganancia por animal teniendo un óptimo. Se apreció que en los campos mejorados se había logrado una ganancia adicional de 68 kg/animal/año y las mayores diferencias entre los tratamientos se encontraron de septiembre a diciembre donde los que estaban en campo natural mejorado le duplicaron la ganancia a los del campo natural. En el periodo otoño-invernal no se apreció diferencias entre los diferentes lotes. La disponibilidad entre los campos era similar por lo tanto se infiere que el aumento de la ganancia se da por un aumento de la calidad de la dieta (Pallares y Pizzio, 1998).

Al analizar la tesis de Gallinal et al. (2016) se aprecia una tendencia a una superioridad en el campo natural mejorado respecto al campo natural en la ganancia por hectárea y respecto a la ganancia por animal por día concordante con lo mencionado por Pallares y Pizzio (1998) a pesar de no haber realizado un análisis estadístico por falta de repeticiones.

2.5. HIPÓTESIS

El efecto de la intervención del campo natural con introducción de leguminosas y/o la fertilización nitrogenada llevará a un aumento en la producción de forraje verano-otoñal.

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

La introducción de leguminosas generará una mayor calidad forrajera, que permitirá un mejor desempeño animal individual en comparación con los tratamientos fertilizados y campo natural.

Una mayor historia de fertilización otoño-invernal promoverá una mayor proporción de especies perennes invernales en desmedro de una menor proporción de especies perennes estivales en el periodo estivo-otoñal. Mientras que generará una mayor área de suelo descubierto y cobertura de mantillo e infestación de malezas en el verano.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1. Localización del sitio experimental y periodo de evaluación

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “Mario A. Cassinoni” (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República; ubicada sobre la ruta nacional No. 3 “General Artigas”, en el km 363, departamento de Paysandú, Uruguay (figura No. 1). Precisamente el sitio experimental se encuentra en el potrero No. 18, en un área de 10,3 hectáreas (latitud 32° 23′ 58″ Sur y longitud 58° 02′ 40″ Oeste; 61 metros sobre el nivel del mar con punto cero en el puerto de Montevideo).

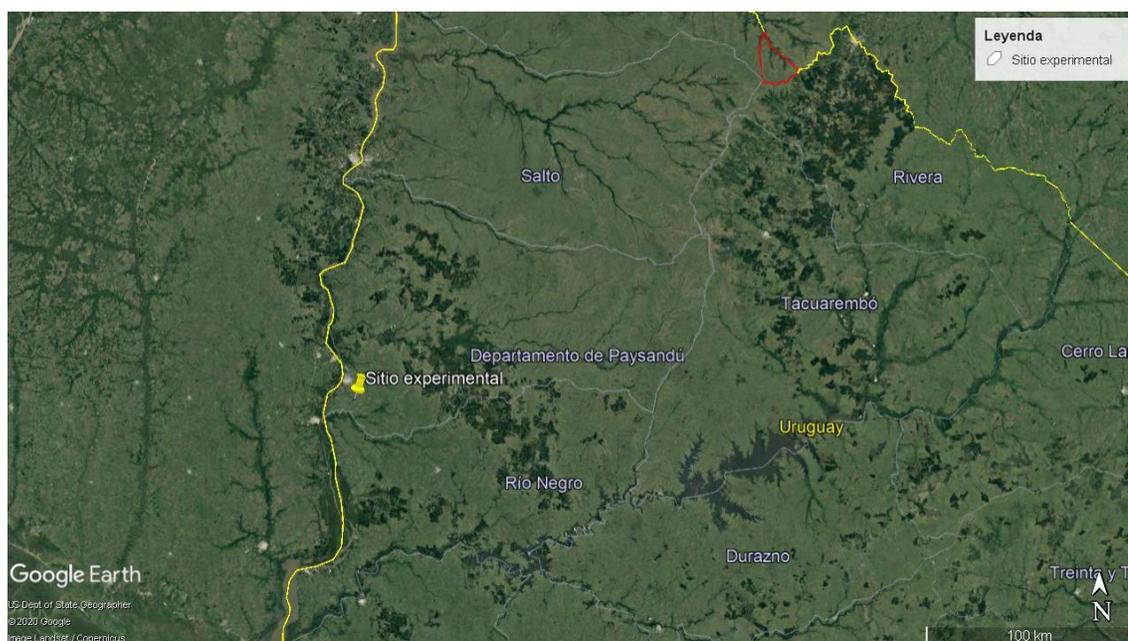


Figura No. 1. Ubicación del sitio experimental dentro de la República Oriental del Uruguay

El periodo de evaluación estuvo comprendido desde el 3 de diciembre de 2018 al 10 de junio de 2019. El mismo se dividió en 2 estaciones: verano (3/12 al 16/3), y otoño (16/3 al 10/6).

3.1.2. Caracterización del sitio experimental

3.1.2.1. Geología y suelos

El sitio experimental se encuentra sobre lodolitas de la formación Fray Bentos según Bossi (1969), y sobre la Unidad de Suelos San Manuel (Altamirano et al., 1976), la cual describe que presenta como suelos dominantes a Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos) Limo arcillosos (superficiales y moderadamente profundos); y como suelos asociados Brunosoles Éútricos Lúvicos Limosos y Solonetz Solodizados Melánicos Francos.

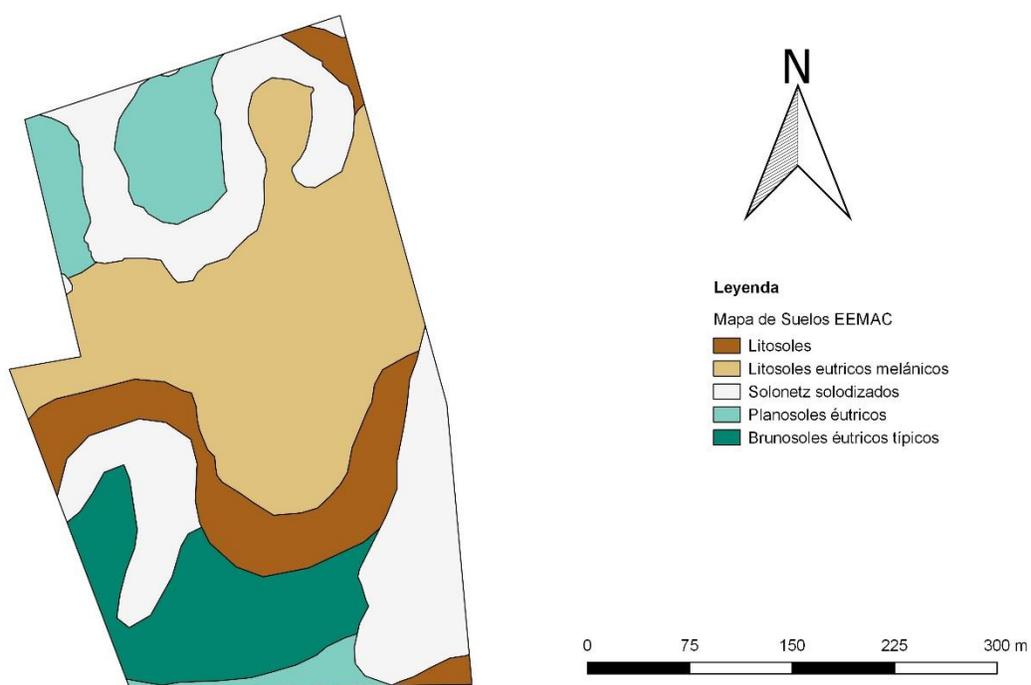


Figura No. 2. Croquis del sitio experimental en superposición con el mapa de suelos de la EEMAC

Por otro lado, el sitio experimental se encuentra enteramente dentro del grupo CONEAT 11.3 (MAP. CONEAT, 1979); descrito con presencia de un relieve que es de forma general mesetiforme, con pendientes variables entre 5 y 8%. Predominan Brunosoles Éútricos Lúvicos, y Solonetz. Pueden existir fases alcalinas que constituyen la transición entre ambos suelos mencionados. Índice de productividad 149.

En el sitio experimental están mapeados varios tipos de suelos, en donde predominan Litosoles Éutricos Melánicos (34,9%), Solonetz solodizados (28,2%), Brunosoles Éutricos Típicos (13.5%), Litosoles (12,8%) y Planosoles Éutricos (10.6%, figura No. 2).

3.1.2.2. Producción primaria y vegetación

Para los campos naturales de suelos pesados del Litoral, la producción anual de las laderas varía entre 4000 y 6000 kg/há/año de MS con una distribución estacional de otoño = 27%; invierno = 18%; primavera 31% y verano 24% (Millot y Zanoniani, citados por Boggiano, 2003).

La vegetación del sitio experimental está formada por tres estratos bien diferenciados. Por un lado, el estrato alto o arbóreo conformado por las especies *Acacia caven*, *Gleditsia triacanthos* y *Prosopis affinis*. El estrato medio está formado por arbustos y subarbustos tales como *Sida rhombifolia*, *Sida spinosa*, *Cirsium vulgare*, *Baccharis coridifolia*, *Baccharis trimera*, *Baccharis punctulata*, *Eupatorium buniifolium* y *Eryngium horridum* entre otras, así como también los rebrotes postala o simple desarrollo inicial de las especies mencionadas que conforman en estrato arbóreo. El estrato bajo está conformado mayoritariamente por especies gramíneas estivales tales como *Paspalum notatum*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum plicatulum*, *Bothriochloa laguroides*, *Setaria geniculata*, *Setaria vaginata*, *Paspalum quadrifarium*, *Andropogon lateralis*, *Axonopus affinis*, *Leptocoryphium lanatum*, *Coelorhachis seloana*, entre otras; y por gramíneas invernales como *Bromus auleticus*, *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides*, *Lolium multiflorum*, entre otras. Cejas (2016) describe que en este mismo sitio experimental hubo efectos del tipo de suelo y el nivel de intervención en la presencia y proporción de especies. Además, como familia asociada a las gramíneas en el estrato bajo, se encuentran especies de la familia de las leguminosas: *Medicago lupulina*, *Trifolium polymorphum* y *Desmodium incanum*.

3.1.2.3. Antecedentes de pastoreo

El área experimental que comprenden los bloques 5 al 8 cuenta con historia de distintos manejos de carga y fertilización NP desde 2001 a 2004 (Zanoniani, 2009); y quedo sin fertilizar y bajo pastoreo homogéneo hasta 2012. A partir de este año en mayo comienza la evaluación de este mismo experimento con la misma metodología experimental (2 tratamientos: 60 y 120 unidades de nitrógeno anual), el cual se discontinua desde principio de diciembre de 2012 hasta el invierno de 2014. A partir de esta fecha el experimento no se ha discontinuado.

Mientras que el área experimental que comprenden los bloques 1 al 4 siempre se manejó bajo pastoreo homogéneo, hasta que comienza con esta

metodología experimental desde el invierno de 2014, la cual desde esa fecha no se ha discontinuado.

3.1.2.4. Condiciones climáticas

Para la serie 1980-2009, la temperatura del aire media anual para la localidad de Paysandú fue de 18,4 °C, mientras que la temperatura media mensual más alta de la serie histórica fue en enero (25,2 °C), mientras que la temperatura media mensual más baja fue en julio (11,9 °C, Castaño et al., 2011). La precipitación media anual fue de 1238,6 mm (Castaño et al., 2011), con un régimen isohigro, pero con una alta variabilidad interanual. Por otro lado, la humedad relativa media anual del periodo histórico fue de 71%, y la heliofanía media anual de 7,2 horas/día (Castaño et al., 2011).

3.1.3. Descripción de los tratamientos

Se consideran dos experimentos por separado.

El experimento 1 evaluó diferentes niveles de intervención del campo natural. Este experimento cuenta con cuatro tratamientos:

- 1- testigo sin intervención (CN);
- 2- introducción en cobertura de 8 kg/há de *Trifolium pratense* y 6 kg/há de *Lotus tenuis*, en conjunto con el agregado de 40 kg/há/año de P₂O₅ (CNm);
- 3- fertilización con 60 kg/há/año de nitrógeno más 40 kg/há/año de P₂O₅ (60 N); y
- 4- fertilización con 120 kg/há/año de nitrógeno más 40 kg/há de P₂O₅ (120 N).

Estos tratamientos se ubicaron en los bloques 1 al 4 (figura No. 3).

Los cultivares utilizados en el caso de las leguminosas fueron *Trifolium pratense* cv Estanzuela 116 y *Lotus tenuis* cv Matrero. La siembra de estas especies se realizó el 9 de septiembre de 2014, se resembró en mayo de 2015, y en mayo de 2018. En la primera siembra no se logró una buena implantación, a diferencia de las últimas dos, en donde las especies si tuvieron muy buena implantación.

Por otro lado, el experimento 2 evaluó dos niveles de fertilización nitrogenada con 8 repeticiones de cada tratamiento:

- 1- fertilización con 60 kg/há/año de nitrógeno y 40 kg/há/año de P₂O₅ (60 N);
y

2- fertilización con 120 kg/há/año de nitrógeno y 40 kg/há/año de P_2O_5 (120 N).

Este experimento incluye las repeticiones de los tratamientos nitrogenados de los bloques del 1 al 8 (figura No. 4).

Las fertilizaciones fosfatadas se realizan en otoño (fin de abril - mayo), mientras que las fertilizaciones nitrogenadas son divididas en dos partes del año, la mitad se aplica en otoño (fin de mayo - junio), mientras que la segunda mitad se aplica en invierno (fin de julio - agosto).

A su vez se realiza una rotativa al año para el control de cardos, que el periodo experimental ocurrió a principios de enero; mientras que se aplicó un herbicida hormonal en el año 2016.

3.1.4. Diseño experimental

Para la producción primaria y la composición botánica el diseño fue en bloques completos al azar, con cuatro bloques en el experimento 1 y con ocho bloques en el experimento 2. Los bloques fueron definidos de acuerdo con el tipo de suelo y a la posición topográfica. Mientras que en el caso de la producción secundaria el diseño utilizado fue completamente al azar.

Los bloques del 1 al 4, se dividieron en cuatro parcelas, y cada tratamiento fue distribuido de manera aleatoria dentro de cada uno de ellos. El área promedio de cada parcela para CN, CNm, 60 N y 120 N fue de 0,72; 0,71; 0,26 y 0,26 há respectivamente, totalizando un área de 7,86 há. Se adjunta la figura No. 3 con un croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del experimento 1.

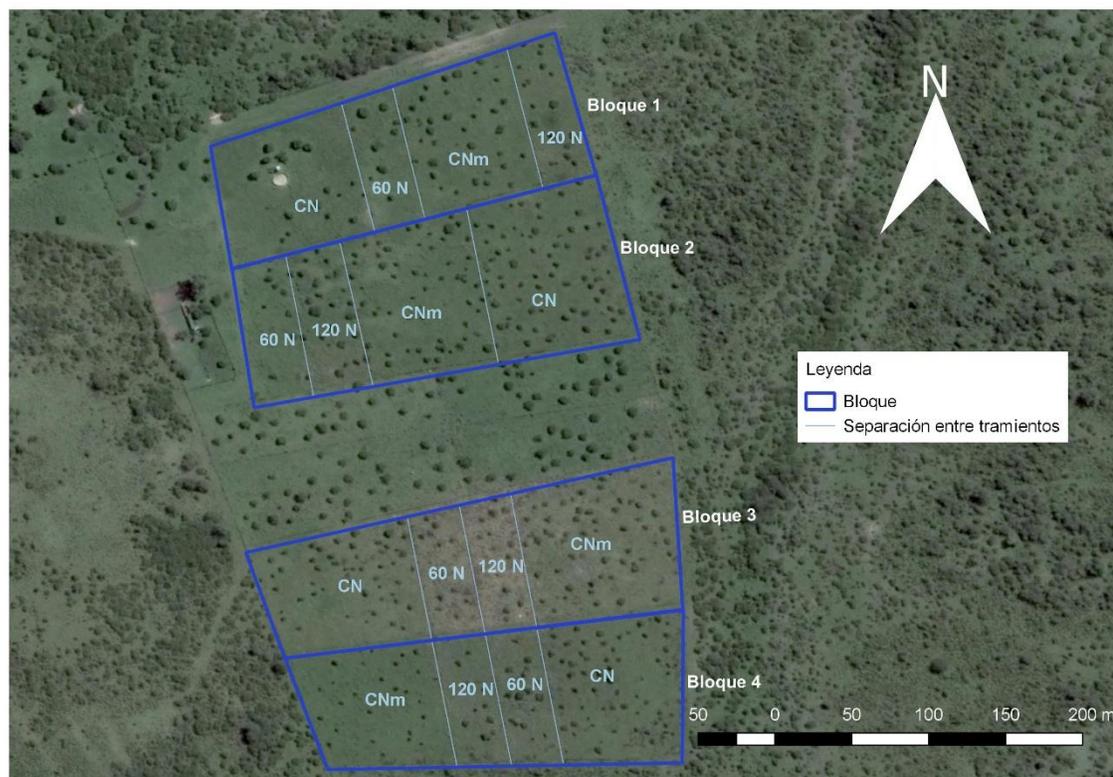


Figura No. 3. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del experimento 1

Mientras, los bloques 5 al 8 fueron divididos en dos, cada uno para un tratamiento diferente. De esta manera cada parcela de estos bloques presenta 0,27 há promedio, mientras que el total de los bloques 5-8 presenta 2,22 há totales (figura No. 4).



Figura No. 4. Croquis de la disposición de los bloques y los tratamientos del experimento 2

Las mediciones tanto de la pastura como de los animales se realizaron a la entrada y a la salida de los animales a cada parcela.

3.1.5. Animales experimentales

Los animales experimentales fueron diferentes según la estación del año. Durante el periodo estival (3/12 al 16/3), se utilizaron 30 novillos de la raza Holstein de un peso promedio inicial (20/11) de 283,7 kg y un desvío estándar de 57,7 kg y una edad promedio de 18,2 meses y un desvío estándar de 4,9 meses; en donde éstos ya estaban dentro del experimento al momento del inicio experimental.

Durante el periodo otoñal (16/3 al 10/6), los animales utilizados fueron 31 vaquillonas de la raza Hereford de un peso promedio a la entrada de 259,8 kg y desvío estándar de 29,7 kg, y una edad promedio de 17,5 meses y un desvío estándar de 3,5 meses.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. Manejo experimental

El método de pastoreo utilizado en los experimentos fue rotativo, con carga variable. De manera que se determinaron a priori ofertas de forraje objetivos según la estación del año, y de esta forma, en verano la OF objetivo era de 10-12 kg MS/día/100 kg de PV, mientras que en otoño la OF objetivo era de 8 kg de MS/día/100 kg de PV. Para cumplir este objetivo se utilizó el método de “put-and-take”, en el cual consiste en tener animales fijos (“tester”), y animales “volantes” (Mott y Lucas, 1952).

Para el ajuste de la carga según la oferta, se utilizó la MS presente a la entrada de los animales a la parcela, y el peso vivo de los animales, los cuales se pesaron luego del pastoreo de 2 parcelas. Este método de ajuste permitió que las comparaciones entre los tratamientos sean válidas, dado que el ajuste por la OF llevó a que la variable de la carga animal sea en función de la producción de la pastura, obteniendo intensidades de pastoreo uniformes (Blaser et al., Lucas, Mott, Mott y Lucas, citados por Maraschin, 1993). Los ciclos de pastoreo en ambos experimentos fueron en promedio de 56 días, mientras que el periodo de ocupación fue de 14 días, y el periodo de descanso de 42 días.

3.2.2. Datos meteorológicos

La información meteorológica utilizada fue la brindada por la estación automática de la EEMAC, la cual registra valores cada 30 minutos de temperatura y evapotranspiración. Además, se utilizaron los datos de precipitaciones diarias. Los valores de precipitaciones y temperatura se los comparó con la serie histórica 2002-2019 de la misma estación meteorológica. Mientras que con los datos de precipitaciones y evapotranspiraciones se elaboró un balance hídrico desde unos meses antes del comienzo del periodo experimental hasta la culminación de éste.

3.2.3. Determinaciones en la producción primaria y su composición

3.2.3.1. Estimación de la materia seca presente del disponible

Para la estimación de la materia seca presente se utilizó el método de doble muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975). Dicha estimación se llevó a cabo en cada una de las parcelas del bloque a entrar por los animales (disponible) antes de que éstos ingresen, como también se realizó la estimación en cada tratamiento del bloque saliente por los animales (remanente) inmediatamente a que éstos abandonaran dichas parcelas.

La metodología del método del doble muestreo por escala visual incluye técnicas destructivas (corte y pesada de muestras) y no destructivas. El método

consiste en determinar una escala de 5 puntos de manera visual. Para esto se recorre el terreno, y se marcan en primera instancia dos puntos, el primero con una menor disponibilidad de forraje (según densidad, altura, proporción de vainas y hojas, proporción verde/seco, entre otras), el cual se le asigna el valor de 1; mientras que por otro lado se marca el punto del terreno con mayor disponibilidad de forraje y se le asigna un valor de 5. Luego se marcan los puntos intermedios 2, 3 y 4 de masa de forraje.

Se debe aclarar que no fueron tenidas en cuenta para esta estimación de la MS presente todas las especies no consumidas por los animales bajo condiciones normales de disponibilidad de forraje, tales como las especies arbóreas espinosas y malezas de campo sucio. Mientras que el muestreo del área se llevó a cabo con marcos circulares de 0,36 m de diámetro que equivale a un área de 0,102 m².

La estimación de la MS presente se realizó de manera grupal según los tratamientos, de esta forma, para las parcelas de estimación del disponible se agrupó a los tratamientos en 2 grupos, por un lado, CN y CNm, y por otro lado 60 N y 120 N. Por otro lado, los seis tratamientos totales (entre el experimento 1 y 2), se los agrupó todos juntos para la estimación del remanente.

De esta manera, para cada uno de estos tres grupos se definió una escala visual (1-5). En cada escala de las parcelas de determinación del disponible, se realizaron 2 repeticiones de cortes de cada punto de escala visual, mientras que en la escala para la determinación del remanente se realizaron 3 repeticiones de cortes de cada punto de la escala; totalizando así 35 cortes totales. Los cortes se hicieron con tijera de aro al ras del suelo.

A su vez, previo a cada uno de los cortes se realizó el promedio de la altura del forraje en cinco puntos dentro del círculo. Para la altura se consideró la hoja verde más alta que tocaba la regla, sin considerar en el caso de que sea hoja bandera, ni las cañas.

Las muestras de materia seca se llevaron al laboratorio, en donde se pesó en fresco, y posteriormente se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C, por un periodo de 72 horas, hasta obtener un peso constante de éstas, en donde fueron nuevamente pesadas.

Así, se obtuvo de cada una de las 35 muestras la información de a cuál de las tres escalas correspondía dicha muestra, el valor de escala (1-5), el valor promedio de la altura, el peso fresco de la muestra y el peso seco luego de 72 horas de secado.

Con la información de los pares de datos entre la masa de forraje en kg/há de MS y la altura promedio; y la masa de forraje en kg/há de MS y el valor de escala se establecieron relaciones lineales para cada una de las 3 escalas. En base al coeficiente de determinación de las funciones (mayor r^2) se eligió el método de medición a efectos de ser utilizado en las estimaciones.

Por otro parte, en el campo, en las parcelas más grandes del disponible (CN y CNm) se realizó 60 mediciones con el círculo en cada tratamiento del nivel de escala visual (considerando puntos intermedios tales como 3,5; 3,75; etc.) y el promedio de cinco puntos dentro del círculo; además de 40 bajadas de regla extras fuera del círculo. En el caso de las parcelas más chicas del disponible (60 N y 120 N) fueron 30 mediciones con el círculo (escala y promedio de altura) y 20 bajada de regla extras fuera del círculo siempre por tratamiento.

En el caso de las mediciones en las parcelas de los remanentes, en las más grandes se realizó 60 mediciones con el círculo (escala y altura) y 30 bajadas de regla extra, mientras que en las parcelas más chicas fueron 30 mediciones con el círculo y 15 bajadas de regla. Todas las mediciones con los círculos y con las reglas se realizaron de manera aleatoria abarcando lo mejor posible el tamaño de la parcela a muestrear. De esta manera, en cada una de las mediciones que se realizaban cada 12-14 días aproximadamente se realizaban 480 mediciones con el círculo (que incluían estimación visual según escala y promedio de 5 puntos de altura dentro del círculo) y 240 bajada de reglas para medición de altura fuera del círculo.

Con esta información recolectada a campo, se procesaba a nivel de escritorio y se obtenía de cada parcela (ya sea a la que ingresaban los animales o la que salían) el valor promedio de la escala visual y de la altura del forraje.

3.2.3.2. Estimación de la tasa de crecimiento diaria del forraje

La tasa de crecimiento diaria (TC) se calculó para cada una de las parcelas del experimento. La misma se la estimó como la resta entre la MS presente pre-pastoreo (disponible) y la MS presente pos-pastoreo (remanente) en el pastoreo anterior. A este valor se lo dividió entre el número de días descanso de la pastura (Campbell, 1966).

3.2.3.3. Estimación de la producción de la MS

La producción total de MS (ProdT MS) corresponde a la suma del forraje producido en cada ciclo de pastoreo, el cual se calcula como la TC multiplicado por el número de días que llevó el ciclo de pastoreo (Campbell, 1966).

3.2.3.4. Estimación de la MS disponible

La MS disponible (Disp) fue estimada como la MS presente previo al inicio del pastoreo sumado a la producción de forraje durante el pastoreo ($TC \times \text{periodo de pastoreo}$).

3.2.3.5. Estimación de la altura de la MS presente del disponible

Para calcular la altura de la MS disponible (AltD) se promedió la media de las cinco alturas medidas dentro de los marcos circulares de 0,36 m de diámetro (60 mediciones en CN y CNM; y 30 mediciones en 60 N y 120 N) con las bajadas de regla (40 mediciones en CN y CNM; y 20 mediciones en 60 N y 120 N).

3.2.3.6. Estimación de la composición botánica de la MS disponible

El método utilizado para estimar la composición botánica de la MS presente a la entrada de los animales a la parcela fue el Botanal (Tothill et al., 1992), mediante este método se preestablecieron 13 grupos de especies, clasificadas según la familia a la que pertenecen, hábito de vida, ciclo de producción y tipo productivo (Rosengurtt, 1979). Así se fijaron los siguientes grupos: 1- gramíneas anuales invernales tiernas/finas (GAI-TF), 2- gramíneas anuales invernales ordinarias/duras (GAI-OD), 3- gramíneas perennes invernales tiernas/finas (GPI-TF), 4- gramíneas perennes invernales ordinarias/duras (GPI-OD), 5- gramíneas anuales estivales tiernas/finas (GAE-TF), 6- gramíneas anuales estivales ordinarias/duras (GAE-OD), 7- gramíneas perennes estivales tiernas/finas (GPE-TF), 8- gramíneas perennes estivales ordinarias/duras (GPE-OD), 9- hierbas enanas y menores (hierbas), 10- restos secos (RS), 11- cardos, 12- graminoides y 13- leguminosas.

Para la estimación de la MS en kg/há y el porcentaje que representa cada especie o grupo de especie evaluada se utilizó el ranking propuesto por Tothill et al. (1992). A su vez, se determinó la cobertura de suelo descubierto y mantillo (cob SDyM) y la cobertura de la materia vegetal que estaba representada por malezas de campo sucio (cob MCS, Martins et al., 2004). Estas determinaciones se las realizaron cada vez que se realizaron las mediciones con el círculo, por lo que cada parcela se componía de un total de 60 mediciones en las parcelas grandes y 30 mediciones en las parcelas chicas.

3.2.3.7. Estimación de la MS remanente

La MS remanente se obtuvo al estimar la MS presente (Rem) al final de cada periodo de pastoreo.

3.2.3.8. Estimación de la altura de la MS remanente

Para el cálculo de la altura de la MS remanente (AltR) de cada parcela se realizó un promedio entre la media de las bajadas de regla de las cinco alturas medidas dentro de los marcos circulares de 0,36 m de diámetro (60 mediciones en CN y CNm; y 30 mediciones en 60 N y 120 N) con las bajadas de regla (30 mediciones en CN y CNm; y 15 mediciones en 60 N y 120 N).

3.2.3.9. Estimación de la relación verde/seco de la MS remanente

En el caso de la MS remanente, se estimó la relación verde/seco del forraje de manera visual. Para esto, cada vez que se colocaba el círculo, además de las otras variables medidas, se estimaba de manera visual la proporción de forraje verde (verde) y forraje seco (seco). Con estos valores se calculó el promedio, en el cual en el caso de CN y CNm fue a partir de 60 mediciones, mientras que para el resto de los tratamientos fue de 30 mediciones. Los valores se presentaron en proporción a la MS remanente como también en valores absolutos por unidad de superficie.

3.2.3.10. Estimación de la MS desaparecida

La MS desaparecida (MSdes) se calculó como la resta entre la MS disponible previo al inicio del pastoreo y la MS remanente una vez culminado el pastoreo, sumada la producción de MS durante el periodo de pastoreo. A su vez este valor se lo expresó también en proporción (Des) a la MS del remanente anterior sumado la producción de MS en el ciclo de pastoreo.

3.2.4. Determinaciones en la producción secundaria y la OF

3.2.4.1. Peso vivo

El peso vivo animal se determinó luego del pastoreo de 2 parcelas (aproximadamente 28 días), de esta manera, éstas se realizaron a la salida de los bloques 2, 4, 6 y 8. Las pesadas se realizaron con balanza electrónica, con un ayuno previo de 10 horas, para disminuir el error del llenado diferencial del tracto gastrointestinal.

3.2.4.2. Carga animal

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. Número de dietas

Según la producción neta de MS (ProdT MS) de verano u otoño se estimó el número de dietas (ND) que podía retener cada experimento en unidades ganaderas por hectárea y por día (UG/há/día). Para esto se considera un aprovechamiento de 100% del forraje producido, y se utiliza un consumo animal de cada UG de 7,6 kg de MS.

3.2.4.4. Ganancia por animal

La ganancia media diaria por animal (GMD) se calculó como la resta de entre los valores de peso vivo de cada animal entre dos pesadas consecutivas, dividido entre el número de días entre las pesadas. Además, se calculó la GMD de los animales considerando solamente la primera y la última pesada de cada estación (valores con los cuales se realizó el análisis estadístico).

Vale recordar que los animales no fueron los mismos en una estación y otra (habiendo diferencias raciales, sexo y edad), por lo que no se estimó la GMD de cada tratamiento a lo largo de todo el periodo experimental.

Para el cálculo de esta variable se utilizó como covariable el peso al inicio. En cuanto a la corrección por la edad no fue necesaria debido a que todos los animales tester presentaban la misma edad, ya sea en las vaquillonas o en los novillos.

3.2.4.5. Ganancia por unidad de superficie

Para la ganancia de kg de PV por unidad de superficie (G/há) se extrapola la GMD de los animales tester a todos los animales presentes en cada tratamiento, y se lo dividió por el área total de cada tratamiento

3.2.4.6. Oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) se define como los kg de materia seca ofertados por día cada 100 kg de peso vivo animal. Al ser la OF un parámetro con valores objetivos preestablecidos según la estación, cada vez que se pesaban los animales, con la información del peso vivo, el área de las parcelas, los periodos de ocupación y la disponibilidad de MS presente se ajustaba el número de animales a pastorear, con los animales volantes. De esta manera se lograba una aproximación a la oferta de forraje, mientras que luego del pastoreo se ajustaba a la oferta de forraje real (con la cual se realizó el análisis estadístico).

La OF real se calculó como:

$$\left(\frac{\text{MS presente del disponible/ha} + \text{Disp/ha}}{2} \right) / \text{días de pastoreo/kg promedio de PV} * 100$$

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.3.1. Producción primaria y composición botánica

3.3.1.1. Experimento 1

➤ Resumen de las características del experimento

- Diseño utilizado: diseño en bloques completos al azar (DBCA).
- Unidades experimentales: 16 parcelas de tamaño variable (0,26 a 0,73 há).
- Tratamientos:
 1. Testigo sin intervención (CN).
 2. Introducción de leguminosas con fertilización fosfatada (CNm).
 3. Fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (60 N).
 4. Fertilización con 120 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (120 N).
- Bloques: 4 diferenciados por posición topográfica y suelo, con 4 parcelas cada uno.
- Estaciones: 2, verano y otoño.

➤ Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \tau\gamma_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo,

Y: variable de interés.

μ : media experimental general.

τ_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

β_j : efecto del j-ésimo bloque.

γ_k : efecto de la k-ésima estación.

$\tau\gamma_{ik}$: efecto de la ik-ésima interacción tratamiento*estación.

ε_{ijk} : es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ijk} .

➤ Hipótesis estadísticas

Análisis de varianza, y posterior comparación por el método de comparación de medias del test de Tukey con niveles de significancia de $p=0,1$ y $p=0,05$.

○ Efecto tratamiento

$$H_0: \tau_{CN} = \tau_{CNm} = \tau_{60N} = \tau_{120N}$$

$$H_a: \text{existe al menos un } \tau_i \neq \tau_i'$$

○ Efecto estación

$$H_0: \gamma_{\text{verano}} = \gamma_{\text{otoño}}$$

$$H_a: \text{existe al menos un } \gamma_k \neq \gamma_k'$$

○ Efecto interacción tratamiento*estación

$$H_0: \tau\gamma_{CN*\text{verano}} = \tau\gamma_{CN*\text{otoño}} = \tau\gamma_{CNm*\text{verano}} = \tau\gamma_{CNm*\text{otoño}} = \tau\gamma_{60N*\text{verano}} = \tau\gamma_{60N*\text{otoño}} \\ = \tau\gamma_{120N*\text{verano}} = \tau\gamma_{120N*\text{otoño}}$$

$$H_a: \text{existe al menos una } \tau\gamma_{ik} \neq \tau\gamma_{ik}'$$

Contrastes ortogonales a el efecto de los tratamientos,

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

H_0 : no hay efectos en la intervención del campo natural.

H_a : si hay efectos en la intervención del campo natural.

$$H_0: \tau_{CN} = \frac{1}{3} (\tau_{CNm} + \tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_0: \tau_{CN} - \frac{1}{3}\tau_{CNm} - \frac{1}{3}\tau_{60N} - \frac{1}{3}\tau_{120N} = 0$$

$$H_a: \tau_{CN} \neq \frac{1}{3} (\tau_{CNm} + \tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_a: \tau_{CN} - \frac{1}{3}\tau_{CNm} - \frac{1}{3}\tau_{60N} - \frac{1}{3}\tau_{120N} \neq 0$$

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

H_0 : no hay diferencia entre introducción de leguminosas y fertilización nitrogenada.

H_a : si hay diferencia entre introducción de leguminosas y fertilización nitrogenada.

$$H_0: \tau_{CNm} = \frac{1}{2} (\tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_0: \tau_{CNm} - \frac{1}{2}\tau_{60N} - \frac{1}{2}\tau_{120N} = 0$$

$$H_a: \tau_{CNm} \neq \frac{1}{2} (\tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_a: \tau_{CNm} - \frac{1}{2}\tau_{60N} - \frac{1}{2}\tau_{120N} \neq 0$$

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

H_0 : no hay diferencia entre la fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y 120 unidades de nitrógeno anual.

H_a : si hay diferencia entre la fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y 120 unidades de nitrógeno anual.

$$H_0: \tau_{60N} = \tau_{120N} \Leftrightarrow H_0: \tau_{60N} - \tau_{120N} = 0$$

$$H_a: \tau_{60N} \neq \tau_{120N} \Leftrightarrow H_a: \tau_{60N} - \tau_{120N} \neq 0$$

3.3.1.2. Experimento 2

➤ Resumen de las características del experimento

- Diseño utilizado: diseño en bloques completos al azar (DBCA).
- Unidades experimentales: 16 parcelas de tamaño variable (0,26 ha promedio).
- Tratamientos:
 1. Fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (60 N).
 2. Fertilización con 120 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (120 N).
- Bloques: 8 bloques diferenciados por posición topográfica y suelo, con 2 parcelas cada uno.
- Estaciones: 2, verano y otoño.

➤ Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \tau\gamma_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Siendo,

Y : variable de interés.

μ : media experimental general.

τ_i : efecto de la i -ésimo tratamiento.

β_j : efecto del j -ésimo bloque.

γ_k : efecto de la k -ésima estación.

$\tau\gamma_{ik}$: efecto de la ik -ésima interacción tratamiento*estación.

ϵ_{ijk} : es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ijk} .

➤ Hipótesis estadísticas

Análisis de varianza, y posterior comparación por el método de Tukey con niveles de significancia de $p=0,1$ y $p=0,05$.

○ Efecto tratamiento

$$H_0: \tau_{60N} = \tau_{120N}$$

$$H_a: \text{existe al menos un } \tau_i \neq \tau_i'$$

○ Efecto estación

$$H_0: \gamma_{\text{verano}} = \gamma_{\text{otoño}}$$

$$H_a: \text{existe al menos un } \gamma_k \neq \gamma_k'$$

○ Efecto interacción tratamiento*estación

$$H_0: \tau\gamma_{60N*\text{verano}} = \tau\gamma_{60N*\text{otoño}} = \tau\gamma_{120N*\text{verano}} = \tau\gamma_{120N*\text{otoño}}$$

$$H_a: \text{existe al menos una } \tau\gamma_{ik} \neq \tau\gamma_{ik}'$$

Contraste al efecto de los bloques,

i. ¿Hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada?

H_0 : no hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada.

H_a : si hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada.

$$H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \Leftrightarrow H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 = 0$$

$$H_a: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 \neq \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \Leftrightarrow H_a: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 \neq 0$$

3.3.2. Producción secundaria y oferta de forraje

3.3.2.1. Experimento 1

➤ Resumen de las características del experimento

- Diseño utilizado: diseño completamente al azar (DCA).
- Unidades experimentales: 20 novillos Holstein en verano (16 tester y 4 volantes) y 27 vaquillonas Hereford en otoño (14 tester y 13 volantes).
- Tratamientos:
 1. Testigo sin intervención (CN).
 2. Introducción de leguminosas con fertilización fosfatada (CNm).
 3. Fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (60 N).

4. Fertilización con 120 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (120 N).

- Partición: según estación, verano y otoño.
- Covariables: peso vivo inicial para el caso de la GMD.

➤ Modelo estadístico para la GMD:

$$Y_i = \beta_0 + \tau_i + \beta_1 * PI + \varepsilon_i$$

Siendo,

Y: variable de interés, ganancia de peso animal.

β_0 : intercepto.

τ_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

β_1 : coeficiente de regresión de la covarianza PI.

PI: peso animal al inicio del experimento (covariable).

ε_i : es el error aleatorio asociado a la observación Y_i .

➤ Modelo estadístico para OF y ND:

$$Y_i = \mu + \tau_i + \varepsilon_i$$

Siendo,

Y: variable de interés.

μ : media experimental general.

τ_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

ε_i : es el error aleatorio asociado a la observación Y_i .

➤ Hipótesis estadísticas

Análisis de varianza, y posterior comparación de medias por el método del test de Tukey con niveles de significancia de $p=0,1$ y $p=0,05$.

- Efecto tratamiento

H_0 : $\tau_{CN} = \tau_{CNm} = \tau_{60N} = \tau_{120N}$

H_a : existe al menos un $\tau_i \neq \tau_i'$

Contrastes ortogonales a el efecto de los tratamientos,

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

H₀: no hay efectos en la intervención del campo natural.

H_a: si hay efectos en la intervención del campo natural.

$$H_0: \tau_{CN} = \frac{1}{3} (\tau_{CNm} + \tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_0: \tau_{CN} - \frac{1}{3}\tau_{CNm} - \frac{1}{3}\tau_{60N} - \frac{1}{3}\tau_{120N} = 0$$

$$H_a: \tau_{CN} \neq \frac{1}{3} (\tau_{CNm} + \tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_a: \tau_{CN} - \frac{1}{3}\tau_{CNm} - \frac{1}{3}\tau_{60N} - \frac{1}{3}\tau_{120N} \neq 0$$

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

H₀: no hay diferencia entre introducción de leguminosas y fertilización nitrogenada.

H_a: si hay diferencia entre introducción de leguminosas y fertilización nitrogenada.

$$H_0: \tau_{CNm} = \frac{1}{2} (\tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_0: \tau_{CNm} - \frac{1}{2}\tau_{60N} - \frac{1}{2}\tau_{120N} = 0$$

$$H_a: \tau_{CNm} \neq \frac{1}{2} (\tau_{60N} + \tau_{120N}) \Leftrightarrow H_a: \tau_{CNm} - \frac{1}{2}\tau_{60N} - \frac{1}{2}\tau_{120N} \neq 0$$

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

H₀: no hay diferencia entre la fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y 120 unidades de nitrógeno anual.

H_a: si hay diferencia entre la fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y 120 unidades de nitrógeno anual.

$$H_0: \tau_{60N} = \tau_{120N} \Leftrightarrow H_0: \tau_{60N} - \tau_{120N} = 0$$

$$H_a: \tau_{60N} \neq \tau_{120N} \Leftrightarrow H_a: \tau_{60N} - \tau_{120N} \neq 0$$

3.3.2.2. Experimento 2

➤ Resumen de las características del experimento

- Diseño utilizado: diseño completamente al azar (DCA).
- Unidades experimentales: 18 novillos Holstein en verano (8 tester y 10 volantes) y 14 vaquillonas Hereford en otoño (11 tester y 3 volantes).
- Tratamientos:
 1. Fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (60 N).
 2. Fertilización con 120 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (120 N).
- Bloques: 2, del 1 al 4 y del 5 al 8.
- Partición: según estación, verano y otoño.
- Covariables: peso vivo inicial para el caso de la GMD.

➤ Modelo estadístico para la GMD:

$$Y_i = \beta_0 + \tau_i + \delta_j + \beta_1 * PI + \varepsilon_i$$

Siendo,

Y: variable de interés, ganancia de peso animal.

β_0 : intercepto.

τ_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

δ_j : efecto bloque.

β_1 : coeficiente de regresión de la covarianza PI.

PI: peso animal al inicio del experimento (covariable).

ε_i : es el error aleatorio asociado a la observación Y_i .

➤ Modelo estadístico para el resto de las variables:

$$Y_i = \mu + \tau_i + \delta_j + \varepsilon_i$$

Siendo,

Y: variable de interés.

μ : media experimental general.

τ_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

δ_j : efecto bloque.

ε_i : es el error aleatorio asociado a la observación Y_i .

➤ Hipótesis estadística

Análisis de varianza, y posterior comparación de medias por el método del test de Tukey con niveles de significancia de $p=0,1$ y $p=0,05$.

Efecto tratamiento

$H_0: \tau_{60N} = \tau_{120N}$

H_a : existe al menos un $\tau_i \neq \tau_i'$

Contraste al efecto de los bloques,

i. ¿Hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada?

H_0 : no hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada.

H_a : si hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada.

$H_0: \beta_{1a14} = \beta_{5a18} \Leftrightarrow H_0: \beta_{1a14} - \beta_{5a18} = 0$

$H_a: \beta_{1a14} \neq \beta_{5a18} \Leftrightarrow H_a: \beta_{1a14} - \beta_{5a18} \neq 0$

Todo el análisis estadístico se realizó en el programa estadístico InfoStat.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1. Temperatura

A partir de los datos proporcionados por la estación meteorológica de la EEMAC se presentan los datos de las temperaturas medias cada 10 días para el periodo entre noviembre de 2018 y junio 2019, así como también para la serie 2002 – 2019 de la misma estación meteorológica (figura No. 5).

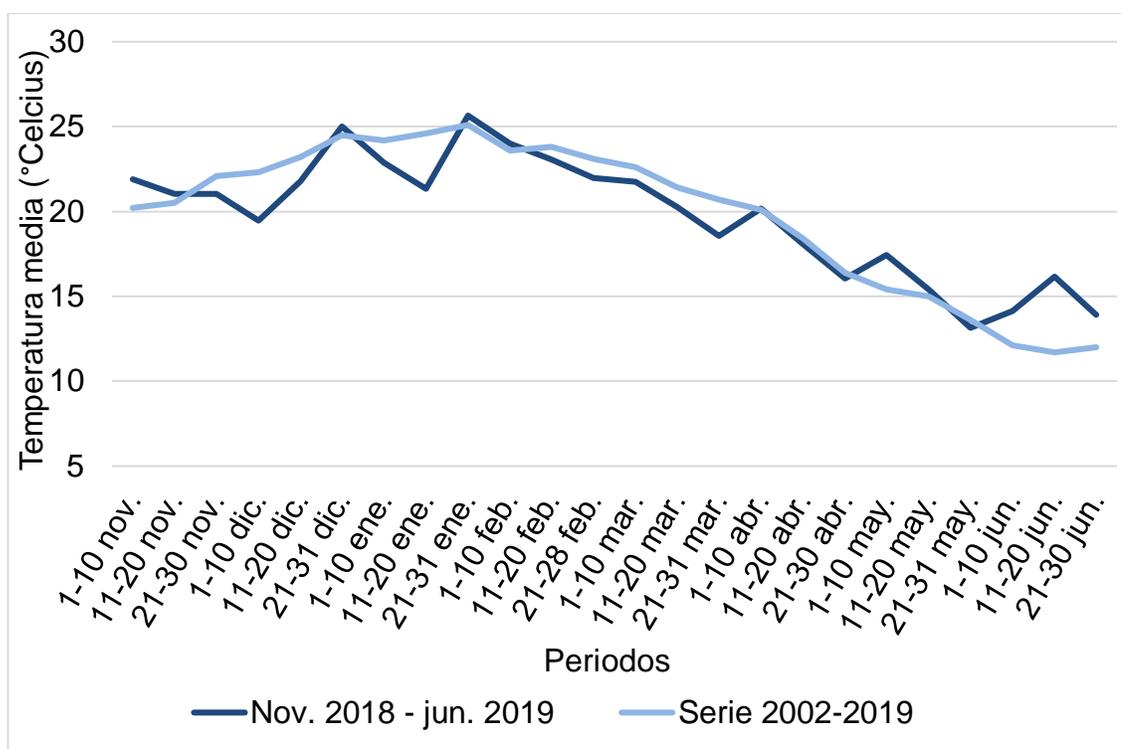


Figura No. 5. Temperaturas medias cada 10 días para el periodo de evaluación y para la serie 2002 – 2019

Como se puede observar en la figura No. 5, las temperaturas del periodo de evaluación fueron muy parecidas a las de la serie 2002-2019. De todas formas, existieron momentos puntuales como en los primeros 20 días del mes de diciembre, en el mes de enero y sobre finales del mes de marzo en donde las temperaturas estuvieron en promedio por debajo de la media. Estas diferencias fueron alrededor de 2 °C en cada uno de los periodos.

4.1.2. Precipitaciones

Al igual que para el caso de las temperaturas, se realizó el análisis para las precipitaciones. Para este caso, se calculó las precipitaciones acumuladas cada 10 días, y se las comparó con la misma serie 2002-2019 (figura No. 6).

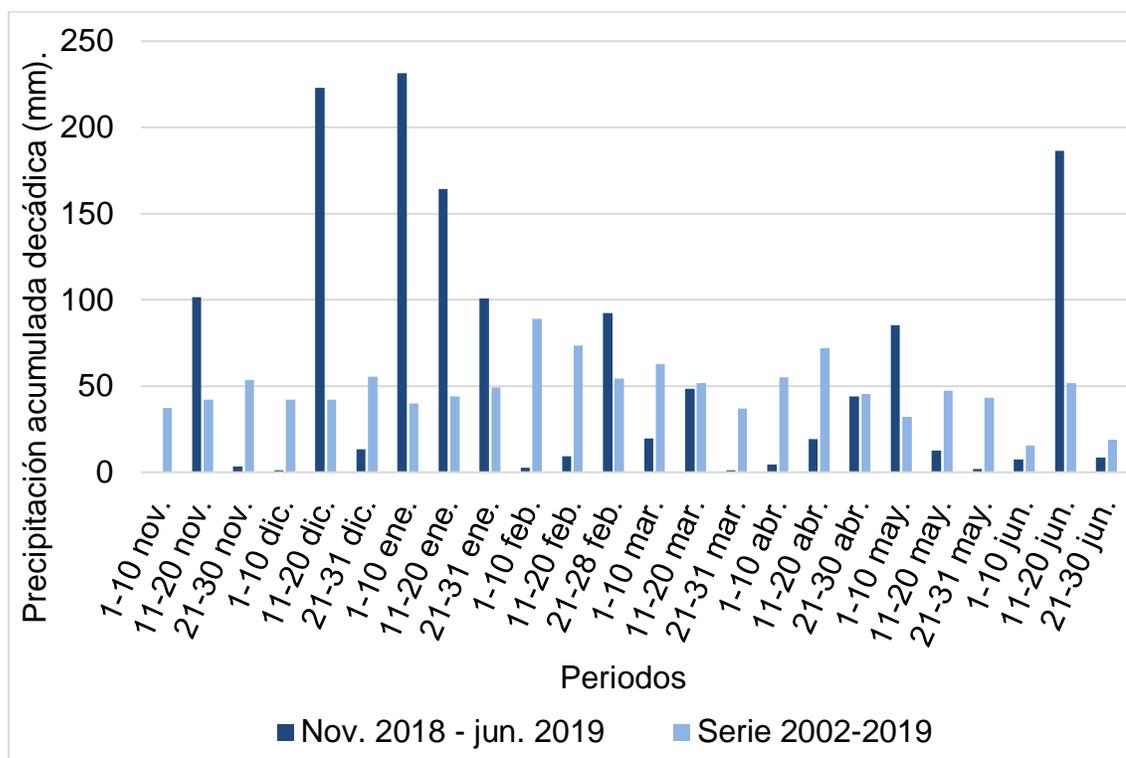


Figura No. 6. Precipitaciones acumuladas cada 10 días para el periodo de evaluación y para la serie 2002-2019

Para el caso de las precipitaciones se observan claras diferencias entre el periodo de evaluación y la serie 2002-2019, principalmente en los meses de diciembre y enero en donde las precipitaciones fueron 69% y 273% por encima del promedio de la serie 2002-2019. Mientras que en los meses siguientes (febrero, marzo, abril y mayo) las precipitaciones fueron 52%, 54%, 61% y 19% por debajo respectivamente del promedio de la serie 2002-2019.

4.1.3. Balance hídrico

Se construyó un balance hídrico según la metodología de Thornthwaite y Mather (1957). De esta forma se calcularon los períodos de excesos y déficit hídricos. Se tomó como punto de referencia el 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN), debido a que por debajo de este porcentaje se dificulta la absorción de agua por parte de las plantas (García Petillo, 2012). La capacidad de agua disponible del suelo utilizada para los cálculos fue de 86 mm, según lo

descrito por Molfino (2009), teniendo en cuenta el grupo CONEAT 11.3 en donde se encuentra el sitio experimental, mientras que para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) se tomaron los valores de referencia de coeficiente del cultivo (k_c) propuestos por Jia et al., citados por Arce et al. (2013) para una pastura dominada por *Paspalum notatum*. Cabe destacar que el balance hídrico comenzó desde antes del invierno, en donde se pudo comprobar el momento en que el suelo llegó a capacidad de campo (fin de invierno), y a partir de aquí se armó el balance hídrico para el periodo experimental (figura No. 7).

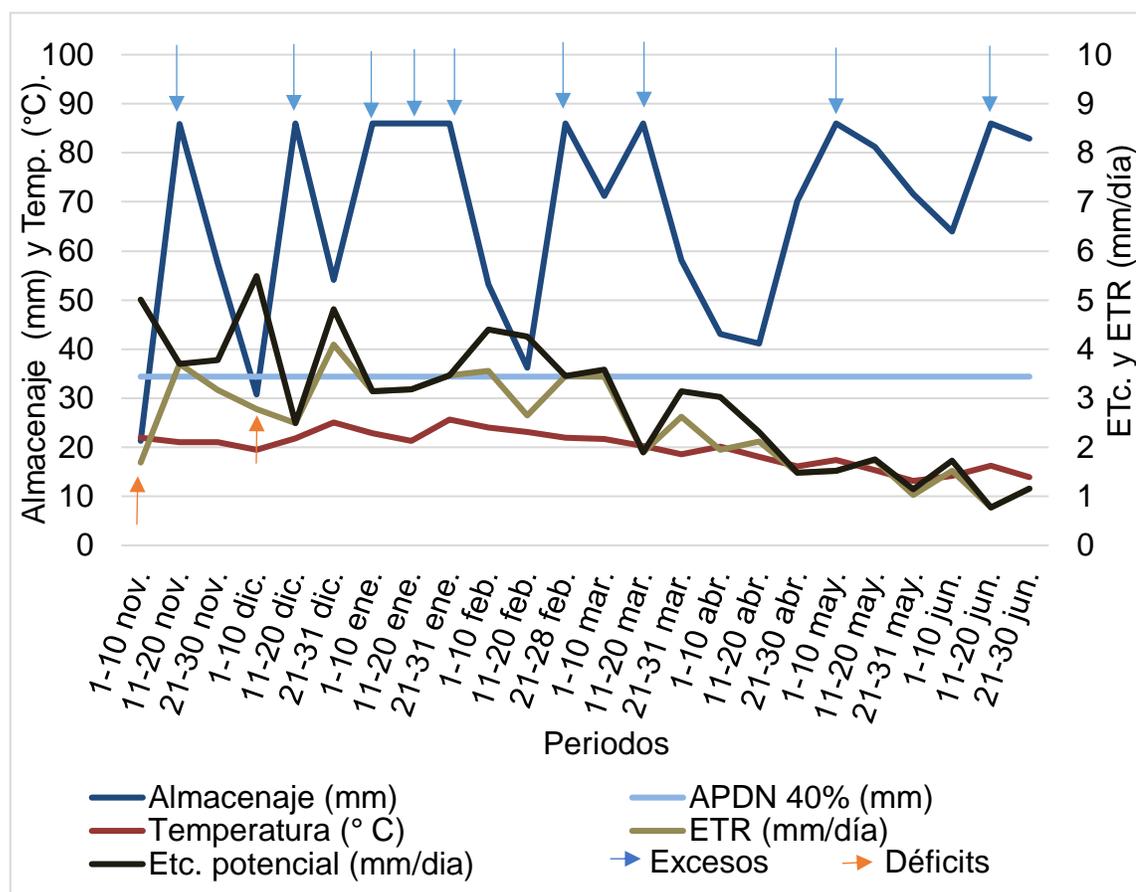


Figura No. 7. Evolución del almacenaje de agua en el suelo, la temperatura, la evapotranspiración real y la evapotranspiración potencial con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta, y los periodos con excesos o déficits hídricos

Como se observa en la figura No. 7, hubo varios momentos de excesos hídricos, principalmente en los primeros dos meses del periodo experimental. Desde febrero en adelante las precipitaciones fueron menores a los meses anteriores, determinando menores excesos hídricos; aunque existieron a fines de febrero y principios de marzo un par de precipitaciones que permitieron que el

suelo se presente a capacidad de campo nuevamente. De ahí en adelante las temperaturas empezaron a disminuir de manera paulatina, generando menor evapotranspiración, y por más que las precipitaciones en esos meses fueron menores al promedio, el suelo se volvió a llenar. Por otro lado, se observa que el almacenamiento de agua en el suelo casi nunca bajo del 40% del APDN, por lo que durante el periodo experimental se presume que no hubo condiciones de déficits hídricos, y en el caso de haber existido fueron muy leves.

Teniendo en cuenta, tanto las condiciones de temperatura y precipitaciones, y el balance hídrico, éstas fueron una de las causas fundamentales de las altas tasas de crecimiento alcanzadas como se podrá observar más adelante, dado que existieron bajas limitantes desde el punto de vista de dichas condiciones para crecimiento de las pasturas.

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, estación y su interacción (cuadro No. 1). En relación con el efecto del tratamiento se puede observar que todas las variables estudiadas con excepción de Rem y AltR fueron significativas a dicho efecto. Más adelante se puede comprobar como dicho efecto esta dado principalmente por la diferencia entre el CNm, frente a por lo menos uno de los otros tres tratamientos, en donde presenta valores superiores en ProdT MS, TC, entre otros.

De manera similar ocurre con el efecto de la estación, en donde con las excepciones de Total MSdes y AltD, el resto de las variables estudiadas tuvieron un efecto significativo entre la estación de verano contra la de otoño. El verano presentó mayores ProdT MS y TC, sin embargo, en el otoño se encontraron menores Rem y AltR, y mayores MSdes y Des luego de cada pastoreo.

Por otro lado, solamente las variables ProdT MS y TC fueron significativas al efecto de la interacción. Como se verá más adelante, esta diferencia radica en que el CNm en el verano fue diferente significativamente del resto de los tratamientos en esta estación, sin embargo, esto no ocurrió así en el otoño, en donde el CNm no fue distinto al resto de los tratamientos.

En cuanto a los contrastes ortogonales, como se observa en el cuadro No. 1, hay variación en cuanto a los resultados del análisis en dichas variables.

Cuadro No. 1. 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 periodo de evaluación del experimento 1

Variable	Efecto trat.	Efecto estación	Efecto interacción trat.*estación	Contrastes		
				1	2	3
ProdT MS (kg/há)	**	**	**	**	**	n/s
TC (kg/há/día)	**	**	**	**	**	n/s
Total MSdes (kg/há)	*	n/s	n/s	n/s	**	n/s
Total Des (%)	*	**	n/s	*	**	n/s
Disp (kg/há)	**	**	n/s	n/s	**	n/s
AltD (cm.)	**	n/s	n/s	n/s	**	n/s
Rem (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
AltR (cm.)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
MSdes (kg/há)	**	**	n/s	*	**	n/s
Des (%)	**	**	n/s	**	**	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

Comenzando por el contraste 1, el cual compara el CN frente al promedio de los otros tres tratamientos, se pueden comprobar diferencias significativas en algunas de las variables estudiadas, tales como: ProdT MS, TC, Total Des, MSdes y Des, todas a favor del grupo que presenta algún tipo de intervención del campo natural.

El contraste 2, el cual compara la intervención del campo natural mediante el agregado de leguminosas frente al promedio de los tratamientos que presentan agregado de nitrógeno anual (a su vez ambos grupos presentan agregado de fósforo), fue donde se encontraron el mayor número de diferencias significativas en las variables estudiadas. En todos los casos hubo diferencias a favor del grupo con agregado de leguminosas, en donde se observó mayor ProdT MS, TC, Total MSdes y Total Des, pero también en Disp, AltD, MSdes y Des hubo diferencias a favor de este grupo.

Por último, en el contraste 3, el cual compara la intervención del campo natural con dos dosis diferentes de nitrógeno anual (60 vs. 120 kg/há/año de N), no se encontró ninguna diferencia significativa en las variables evaluadas de la producción primaria y características de la pastura del experimento 1.

4.2.1.1. Efecto del tratamiento

Se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento, tanto en la producción neta de MS ($p=0,0011$), la tasa de crecimiento ($p=0,0008$), el

forraje desaparecido total ($p=0,0854$) y el forraje desaparecido total en porcentaje ($p=0,0646$, cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Efecto del tratamiento sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 1 en el total del periodo

Tratamiento	ProdT MS (kg/há)	TC (kg/há/día)	Total MSdes (kg/há)	Total Des (%)
CN	4076 B b	21, 2 B b	4136 B	43,3 B
CNm	6024 A a	31,1 A a	6576 A	57,4 A
60 N	4626 B b	24,2 B b	4664 B	49,5 AB
120 N	4424 B b	23,1 B b	4250 B	46,4 AB

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Las TC del testigo (CN) es un 36% superior a los datos de Millot, Zanoniani, citados por Boggiano (2003), un 42% superior a los datos de Caram et al. (2017), y un 48% superior a los obtenidos por Belora et al. (2017). Todos estos valores fueron obtenidos en el mismo sitio experimental de este experimento. Esto pudo deberse en parte a la buena disponibilidad hídrica durante el periodo experimental, que llevaron a que no hubo déficits hídricos considerables. Esto tiene especial significancia en el periodo estival, en donde normalmente el factor más restrictivo del crecimiento del forraje es la disponibilidad de agua.

Por otra parte, en el cuadro anterior, se puede observar que 60 N y 120 N obtuvieron producciones de 13 y 8% superior respectivamente al CN, sin diferenciarse significativamente de éste último. Por lo que el efecto de cinco años consecutivos de fertilización nitrogenada otoño-invernal no presentó diferencias significativas entre niveles de fertilización, y tampoco en comparación con el testigo CN sobre el crecimiento estivo-otoñal del quinto año. Esto coincide con Bemhaja (1994), quien indica que fertilizaciones nitrogenadas a fin de otoño, fin de invierno y primavera llevan a un aumento de las especies invernales con la consecuencia de producciones más equilibradas al correr del año.

La ausencia de una respuesta residual a las consecuentes fertilizaciones nitrogenadas otoño-invernales a lo largo de los años anteriores, se debieron en parte a que los máximos aportes de N como NO_3 por parte del suelo se dan en verano cuando las condiciones de temperatura del suelo favorecen a la mineralización de la materia orgánica (Morón, 1996). También se debe mencionar que la OF de estos dos tratamientos fue 2 puntos porcentuales por debajo respecto al CN (como se podrá observar en los cuadros más adelante), lo que significa que se ubican por debajo del óptimo según Soares et al. (2005)

para maximizar la tasa de crecimiento de la pastura en esta época y poder capitalizar mejor un efecto de fertilización otoño-invernal.

Por otro lado, el CNm si presentó diferencias significativas de hasta $p=0,05$ con cualquiera de los otros 3 tratamientos. Las altas producciones de las dos especies introducidas determinaron aumentos de producción estivo-otoñal tal como era esperable según la distribución anual de forraje de estas especies.

El valor de la TC del CNm es de 2 puntos por encima del obtenido por Gallinal et al. (2016) para el mismo periodo, aunque estos autores no encontraron diferencias significativas con el campo natural al igual que Belora et al. (2017), Caram et al. (2017).

No se encontraron diferencias significativas en Rem ($p=0,5870$) y AltR ($p=0,4961$). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento en las variables Disp ($p=0,0035$) y AltD ($p=0,0304$, cuadro No. 3).

El Disp del CNm se diferenció significativamente del resto de los tratamientos, y esto se explica por la mayor TC de dicho tratamiento frente al resto de los tratamientos, determinando que, partiendo de niveles similares en los remanentes, cuando los animales vuelven a entrar a la parcela, el CNm presenta mayores disponibles de MS. La misma respuesta se da con las alturas de forraje, dado que, partiendo desde niveles parecidos de alturas de forraje remanente, el CNm es el que presenta mayor altura en el forraje disponible y el que se diferencia significativamente con los tratamientos nitrogenados.

Cuadro No. 3. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 1 en el total del periodo

Trat.	Disp (kg/há)	AltD (cm.)	Rem (kg/há)	AltR (cm.)	MSdes (kg/há)	Des (%)
CN	3250 B b	15,7 AB ab	1786	11,0	1463 B b	42,5 B b
CNm	3837 A a	19,2 A a	1711	10,5	2126 A a	56,0 A a
60 N	3131 B b	14,6 B b	1553	9,5	1578 B b	48,7 AB ab
120 N	3048 B b	14,4 B b	1609	9,5	1440 B b	45,8 B ab

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Por otro lado, se observan diferencias significativas en la MSdes ($p=0,0002$) y Des ($p=0,0135$). En cuanto a la MSdes se observa que el CNm se diferencia significativa de los otros tratamientos, los cuales no se diferencian

entre ellos. Los valores de MSdes en general son ampliamente superiores a los obtenidos por Gallinal et al. (2016) probablemente por mayores presiones de pastoreo (menores OF) en comparación con los valores obtenidos por estos autores. Los valores obtenidos más altos en la MSdes en el caso del CNm se pueden explicar por la mayor AltD.

Estas diferencias en el desaparecido en niveles absolutos también ocurren cuando se lo expresa en proporción. En donde el CNm le saca más de 10 puntos de diferencia al promedio de los otros tratamientos, y el cual se diferencia significativamente del CN y 120 N con una probabilidad de error de 10%.

4.2.1.2. Efecto de la estación

Se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación tanto en la ProdT MS ($p < 0,0001$), en la TC ($p < 0,0001$) y en el Total Des ($p = 0,0450$); mientras que no se encontraron diferencias significativas en el Total MSdes ($p = 0,3634$, cuadro No. 4).

Se debe considerar que, debido a la repartición de las estaciones en el experimento, la duración del verano fue de 106 días, mientras que la duración del otoño fue de 86 días. De todas formas, la TC omite en parte este problema.

Los valores son esperables, dado a que en verano las condiciones de crecimiento fueron más favorables para el crecimiento vegetal de tipo C4 respecto al otoño, y esto se explica especialmente por las diferencias en temperaturas y radiación.

Cuadro No. 4. Efecto de la estación sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 1

Estación	ProdT MS (kg/há)	TC (kg/há/día)	Total MSdes (kg/há)	Total Des (%)
Verano	3098 A a	30,1 A a	2287	36,7 B b
Otoño	1689 B b	19,6 B b	2620	61,6 A a

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Los datos coinciden con los obtenidos por Gallinal et al. (2016), quienes encuentran diferencias significativas a favor del verano. En cuanto a los valores estos son bastante coincidentes en cuanto a la TC del otoño, mientras que para el verano éstas son 14 puntos por debajo a las obtenidas por Gallinal et al. (2016) para ese periodo.

Se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento en las variables Disp ($p=0,0005$), Rem ($p=0,0026$), AltR ($p=0,0473$), MSdes ($p<0,0001$) y Des ($p<0,0001$). Mientras que la variable AltD ($p=0,2680$) no se encontraron diferencias significativas (cuadro No. 5).

Cuadro No. 5. Efecto de la estación sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 1

Estación	Disp (kg/há)	AltD (cm.)	Rem (kg/há)	AltR (cm.)	MSdes (kg/há)	Des (%)
Verano	3018 B b	15,2	1874 A a	11,0 A a	1144 B b	36,6 B b
Otoño	3615 A a	16,6	1455 B b	9,3 B b	2160 A a	59,9 A a

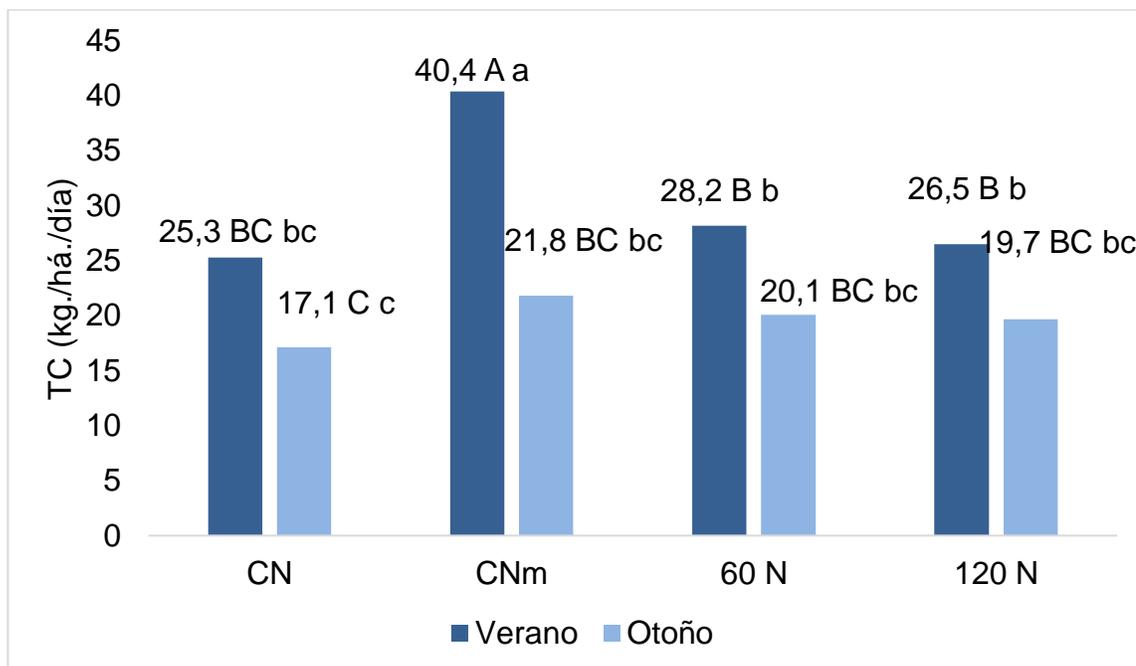
Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

El Disp fue significativamente superior en el caso del otoño, pero sin encontrarse diferencias en la AltD, lo que está explicado por la mayor proporción de MS de la pastura en otoño frente al verano. Este efecto no ocurre en el forraje remanente, en donde en el verano el Rem fue mayor, así como también la AltR.

Esto se afirma cuando se analizan los valores de MSdes y Des, en donde en el verano hubo una alta selección de la dieta, y por ende menores valores tanto de MSdes y Des. Esto se explica por tres factores principales: menor presión de pastoreo (mayor oferta), menor número de días de ocupación (12 vs. 17 días) y mayores TC.

4.2.1.3. Efecto de la interacción tratamiento*estación

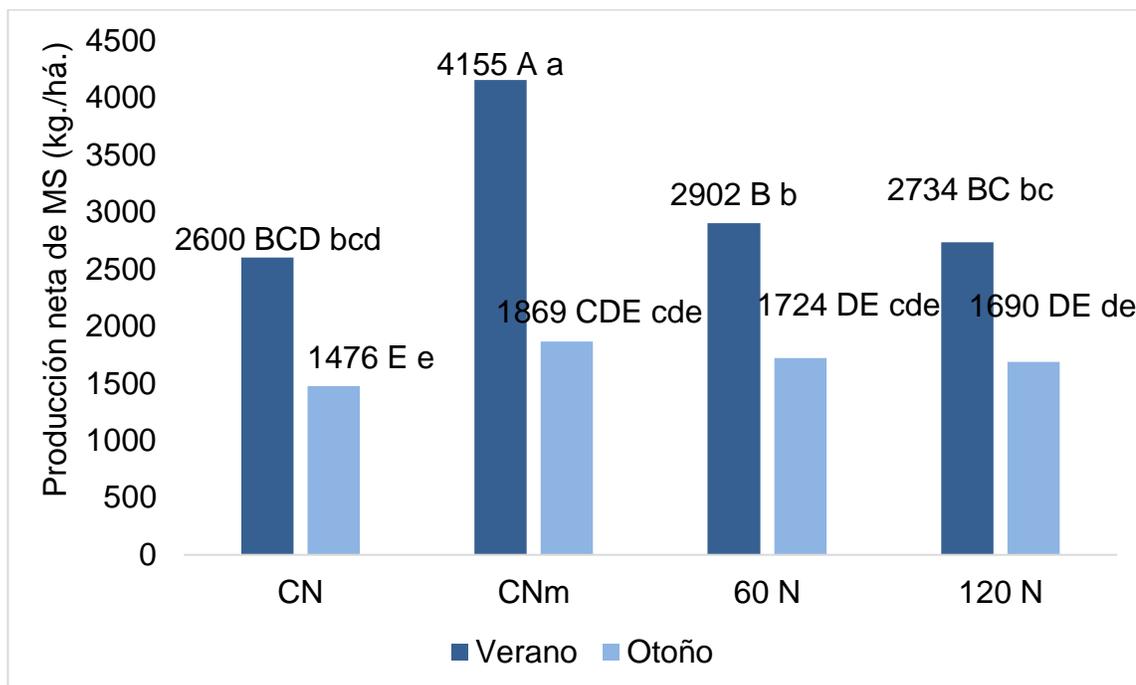
En las figuras No. 8 y No. 9 se observa como las producciones de forraje expresadas como producción neta de MS y TC para cada tratamiento*estación presentan diferencias significativas ($p=0,0278$ y $p=0,0378$ respectivamente). Por un lado, se observa como la producción estival es mayor a la otoñal en todos los tratamientos, pero solo es significativa en el tratamiento de CNm. A su vez, se evidencia como existe interacción tratamiento*estación dado que el CNm se diferencia significativamente del resto de los tratamientos dentro del verano, pero esta diferencia significativa no ocurre en el otoño, en donde el CNm no se diferencia de ninguno de los otros tratamientos en dicha estación.



Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Figura No. 8. Efecto de la interacción tratamiento*estación en la tasa de crecimiento para el experimento 1

Esta diferencia radica en que, en el verano, el CNm presentaba una alta proporción de leguminosas (figura No. 11), que en conjunto con las muy buenas condiciones de crecimiento que se dieron durante este periodo permitieron aprovechar las buenas condiciones forrajeras de estas especies para producir forraje; condiciones que no fueron iguales en el periodo otoñal en donde la temperatura, radiación y ETR del cultivo disminuyeron, afectando el crecimiento.



Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Figura No. 9. Efecto de la interacción tratamiento*estación en la producción neta de materia seca para el experimento 1

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas al efecto de la interacción tratamiento*estación en ninguna de las variables del cuadro No. 6: Disp ($p=0,1397$), AltD ($p=0,2018$), Rem ($p=0,5079$), AltR ($p=0,7505$), MSdes ($p=0,1341$) y Des ($p=0,4413$).

De esta manera, entonces, las diferencias encontradas entre distintos tratamientos en distintas estaciones (en el caso que las haya), fueron debidas al efecto del tratamiento y/o el efecto de la estación de forma separada.

En el caso de la Disp y la AltD se observa que en promedio en el otoño presentó valores superiores al verano (cuadro No. 6). El CNm presentó valores superiores significativamente en dichas variables al resto de los tratamientos en el verano, sin encontrarse diferencias en el otoño. Esto se explica en parte por la mayor tasa de crecimiento que se reportó en el CNm en el verano frente al resto de los tratamientos en la misma estación (que no ocurrió en el otoño), que permitió que ante las mismas condiciones en ese periodo se acumulara mayor cantidad de MS a la entrada de los animales a la parcela que el resto de los tratamientos.

Cuadro No. 6. Efecto de la interacción sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 1 en el total del periodo

Interacción	Disp (kg/há)	AltD (cm.)	Rem (kg/há)	AltR (cm.)	MSdes (kg/há)	Des (%)
CN-ver.	2769 B	13,8 AB	2023	11,7	746 C	27,0 D
CNm-ver.	3850 A	20,9 A	2061	12,1	1788 B	46,3 BC
60 N-ver.	2793 B	13,1 B	1729	10,1	1065 C	36,9 CD
120 N-ver.	2660 B	13,2 B	1685	10,0	976 C	36,2 CD
CN-oto.	3730 A	17,2 AB	1550	10,3	2180 AB	58,0 AB
CNm-oto.	3825 A	17,6 AB	1360	8,4	2464 A	65,6 A
60 N-oto.	3468 AB	16,2 AB	1376	9,1	2092 AB	60,4 AB
120 N-oto.	3437 AB	15,6 AB	1533	8,8	1904 AB	55,5 AB

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

Por otro lado, no se encontraron diferencias en el Rem y AltR entre ninguno de los tratamientos*estación. Sin embargo, como se analizó en el cuadro No. 5, si se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación en ambas variables.

En cuanto a la MSdes, la mayor cantidad de MS desaparecida del CNm de manera significativa ocurre solamente en el verano (comparando los tratamientos dentro de cada estación). Aunque, de todas formas, en el otoño también el CNm presentó valores superiores al resto de los tratamientos, aunque no significativo. También se observa como ninguno de los tratamientos en el verano llega a valores de MSdes como ocurre en el verano, esto pudo estar dado en parte a la mayor presión de pastoreo en el otoño (ajuste de oferta entre 8-10%), frente al verano (ajuste de oferta entre 10-12%), y por consiguiente a menores GMD (como se verá más adelante), aunque éstas no son comparables por haber cambio de animales. La mayor cantidad de MSdes en el verano del CNm se explican en parte por la mayor expresión de las leguminosas en dicho tratamiento (figura No. 11), especialmente del *Trifolium pratense* de altas tasas de crecimiento en dicha estación y de tipo de crecimiento erecto, permitiendo mejores condiciones para la cosecha animal a pesar de ser el tratamiento con menor presión de pastoreo en dicha estación.

4.2.2. Composición botánica

En el siguiente punto se presentan los resultados sobre la composición botánica, tanto del forraje disponible como del forraje remanente, de manera de conocer los cambios ocurridos debidos a los distintos niveles de intervención, al efecto de la estación y a la interacción de ambos factores.

Como se aprecia en el cuadro No. 7, se encontraron diferencias significativas en las gramíneas perennes estivales ordinarias-duras y las leguminosas tanto en proporción como en valores absolutos; mientras que también se encontraron diferencias significativas en gramíneas perennes estivales tiernas-finas y en las hierbas pero solamente expresadas en proporción al efecto del tratamiento sobre el forraje disponible. Más adelante se podrá comprobar que estas diferencias no corresponden siempre al mismo tratamiento frente al resto, sino que dependerá de cuál es la variable, para el ordenamiento de éstos.

Con relación a el efecto de la estación, se observan diferencias tanto en la cob SDyM y cob MCS, así como también en las gramíneas anuales invernales tiernas-finas (explicado mayoritariamente por *Lolium multiflorum*) expresadas en proporción y en valores absolutos. También se encontraron diferencias significativas a éste efecto en las gramíneas perennes estivales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales ordinarias-duras y en los restos secos; pero dichas diferencias solo se ocurrieron cuando los valores se expresaron en valores absolutos.

En la interacción se encontró diferencias significativas solamente en la categoría de leguminosas, tanto en valores absolutos como en proporción. Éstas, como se presentará más adelante, estuvieron dadas por las diferencias en el CNm en dicha categoría entre estaciones.

En cuanto a los contrastes ortogonales a el efecto de los tratamientos se observan algunas diferencias. Comenzando por el contraste 1, el cual compara el efecto entre realizar o no una intervención en el campo natural, se aprecian diferencias en las gramíneas perennes ordinarias-duras y en las leguminosas, tanto en valores absolutos como en proporción. Dichas diferencias se dan a favor de la no intervención en el primer caso, mientras que en el caso de las leguminosas las diferencias se dan a favor del grupo con algún tipo de intervención sobre el campo natural. Por más que en ambos grupos botanales dicho contraste es significativo, se podrá observar más adelante que el efecto en las leguminosas está “enmascarado” por el aporte del CNm al grupo.

Cuadro No. 7. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del disponible del experimento 1

Variable	Efecto trat.	Efecto estación	Efecto interacción trat.*estación	Contrastes		
				1	2	3
cob SDyM (%)	n/s	**	n/s	n/s	*	n/s
cob MCS (%)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
GAI-TF (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
GAI-TF (%)	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s
GPI-TF (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
GPI-TF (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
GPI-OD (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
GPI-OD (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
GPE-TF (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
GPE-TF (%)	**	n/s	n/s	n/s	**	n/s
GPE-OD (kg/há)	**	*	n/s	**	n/s	n/s
GPE-OD (%)	**	n/s	n/s	**	n/s	n/s
Hierbas (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s	**	n/s
Hierbas (%)	*	n/s	n/s	n/s	**	n/s
RS (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
RS (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Cardos (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Cardos (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Gram. (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Gram. (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Legum. (kg/há)	**	n/s	**	**	**	n/s
Legum. (%)	**	n/s	**	**	**	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

En el contraste 2, el cual compara dos tecnologías diferentes para intervenir el campo natural, éstas son, el mejoramiento con leguminosas y aporte de fósforo por un lado y el aporte de nitrógeno y fósforo por otro, se encontraron diferencias en las hierbas y leguminosas en valores absolutos y proporción, mientras que también hubo diferencias significativas en la cob SDyM y en las gramíneas perennes estivales tiernas-finas en valores de proporción.

Por último, en el contraste 3, el cual compara la intervención del campo natural con dos dosis diferentes de nitrógeno anual (60 vs. 120 kg/há/año de N), no se encontró ninguna diferencia significativa en las variables evaluadas de la composición botánica.

En este cuadro también se deduce que hubo tres grupos botanales que no se registraron en ningún momento a lo largo del periodo experimental. Ellos son las gramíneas anuales invernales ordinarias-duras, gramíneas anuales estivales tiernas-finas y gramíneas anuales estivales ordinarias-duras.

En el caso de la composición del forraje remanente (cuadro No. 8) no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas tanto al efecto del tratamiento, interacción, como tampoco a ninguno de los tres contrastes ortogonales estudiados a los efectos de los tratamientos.

En tanto que, si se encontraron diferencias significativas en la cob SDyM, como en verde y seco expresados en valores absolutos. Los últimos siguen la tendencia que el forraje remanente fue mayor en el verano, mientras que la cob SDyM sigue la tendencia que se da en el disponible como se podrá ver más adelante.

Cuadro No. 8. Resumen de la significancia estadística de los distintos efectos analizados y los tres contrastes en las variables de la composición botánica del remanente del experimento 1

Variable	Efecto tratamiento	Efecto estación	Efecto interacción tratamiento*estación	Contrastes		
				1	2	3
cob SDyM (%)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
cob MCS (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Verde (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
Verde (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Seco (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s	n/s	n/s
Seco (%)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

4.2.2.1. Efecto del tratamiento sobre el disponible

La cobertura de suelo descubierto y mantillo fue en promedio de 2,2% con un desvío estándar de 3,0%. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,3051$), esto coincide con los valores obtenidos por Gallinal et al. (2016), los cuales tampoco encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El CNm fue el que presentó menor valor de esta variable con 0,8%, mientras que el tratamiento 120 N presentó un valor de 2,7%, siendo el mayor valor entre tratamientos. El CN y 60 N presentaron valores promedios intermedios de 1,5 y 2,2% respectivamente.

Gallinal et al. (2016) a pesar de no encontrar diferencias significativas, observaron que el CNm fue el tratamiento con menor cobertura de suelo

descubierto (al igual que este experimento), mientras que el tratamiento con mayor cobertura de suelo descubierto para estos autores fue el campo natural.

Por otro lado, la cobertura de malezas de campo sucio tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,6573$), resultados también concordantes con los obtenidos por Gallinal et al. (2016). El promedio experimental fue de 4,6% con un desvío estándar de 5,2%. El tratamiento de 120 N presentó el valor mayor con 5,1% mientras que 60 N presentó el valor menor con 2,7%. CN y CNm presentaron valores promedios de 4,7 y 4,2% respectivamente.

En el cuadro No. 9 se puede observar los valores que presentaron los tratamientos a las variables de la composición botánica que presentaron significancia. Como ya se mencionó más atrás, se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento en las GPE-TF ($p=0,0279$), GPE-OD ($p=0,0005$), hierbas ($p=0,0724$), y leguminosas ($p<0,0001$) expresados en proporción.

En las leguminosas (la cual fue entre estas variables la que presentó mayor significancia), el CNm presentó una mayor proporción de este grupo frente al resto de los tratamientos. Esto estuvo explicado mayoritariamente por *Trifolium pratense* y *Lotus tenuis*, las cuales fueron las especies introducidas en dicho tratamiento, lo cual confirma que tuvieron una muy buena implantación y desarrollo.

Cuadro No. 9. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible, y sobre las gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas y leguminosas expresadas en proporción

Tratamiento	Disp (kg/há)	GPE-TF (%)	GPE-OD (%)	Hierbas (%)	Leguminosas (%)
CN	3250 B b	60,6 A ab	9,1 A a	2,0 AB	1,0 B b
CNm	3837 A a	43,5 B b	2,3 B b	1,0 B	34,4 A a
60N	3131 B b	61,9 A a	5,1 B b	3,8 AB	1,2 B b
120N	3048 B b	61,8 A a	3,1 B b	3,2 A	0,8 B b

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Al analizar la proporción de GPE-OD, se aprecia que el CN es el que posee mayor proporción de éstas. Esto coincide con Bemhaja (1994), el cual menciona que al aumentar la fertilidad del campo, la composición botánica cambia de una de menor calidad a una de mayor calidad, ya que se están levantando restricciones nutricionales.

Hasta aquí, en ambos grupos (leguminosas y GPE-OD), dichas diferencias también ocurren cuando se expresan los resultados en valores absolutos como se observa en el cuadro No. 10. Estas variables fueron las únicas que se les encontró diferencias significativas a dicho efecto expresados en valores absolutos, GPE-OD con un $p=0,0012$, y las leguminosas con un $p<0,0001$.

Cuadro No. 10. Efecto del tratamiento sobre las gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas y leguminosas expresadas en valores absolutos

Tratamiento	GPE-TF (kg/há)	GPE-OD (kg/há)	Hierbas (kg/há)	Leguminosas (kg/há)
CN	1806	261 A a	57	29 B b
CNm	1498	99 B b	35	1121 A a
60N	1729	147 B ab	98	32 B b
120N	1693	82 B b	69	28 B b

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

En cuanto a las GPE-TF, se encontraron diferencias significativas cuando se expresó al grupo en proporción, pero estas diferencias desaparecen cuando se lo expresa en valores absolutos ($p=0,6606$). En ambos casos, es el CNm el que presenta menor proporción o cantidad de este grupo frente al resto de los tratamientos, pero la diferencia significativa existe solo cuando es expresado en proporción. Esto ocurre porque este tratamiento presenta una alta proporción de leguminosas, que lleva a reducir las GPE-TF en proporción; sin embargo dado que el forraje disponible es mayor en éste, cuando dicho grupo botanal se lo expresa en valores absolutos no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se desprende que el aporte de leguminosas no llevó a la sustitución de otro grupo botanal, sino que fue una adición a éste (cuadro No. 10).

En las hierbas, es otro caso en el que se encontraron diferencias en proporción (cuadro No. 9), pero no en valores absolutos ($p=0,1177$) entre tratamientos (cuadro No. 10). En ambos cuadros se aprecia que los tratamientos nitrogenados presentaron mayor proporción y cantidad respectivamente respecto a los otros tratamientos.

Por otro lado, las variables gramíneas anuales invernales tiernas/finas ($p=0,4919$ y $p=0,6166$), gramíneas perennes invernales tiernas/finas ($p=0,1690$ y $p=0,4428$), gramíneas perennes invernales ordinarias/duras ($p=0,6402$ y $p=0,5625$), restos secos ($p=0,8841$ y $p=0,9604$), cardos ($p=0,2613$ y $p=0,2498$), y graminoides ($p=0,1656$ y $p=0,1838$) expresadas tanto en proporción como en

valores absolutos respectivamente no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Cuatro de estas seis variables a su vez se expresaron en baja proporción en el periodo experimental. De esta manera las gramíneas anuales invernales tiernas/finas tuvieron un promedio de 0,3% o de 10 kg/há, y un desvío estándar de 1,4% o 40 kg/há; las gramíneas perennes invernales ordinarias/duras presentaron una media de 0,1% o de 1,4 kg/há, y un desvío estándar de 0,2% o de 5 kg/há; los cardos presentaron una media de 0,7% o de 17 kg/há, y un desvío estándar de 1,2% o de 30 kg/há; y los graminoides presentaron un promedio de 2,0% o de 62 kg/há, y un desvío estándar de 5,0% o de 158 kg/há.

En cuanto a las gramíneas perennes invernales tiernas/finas el promedio experimental fue de 11,0% o 286 kg/há, con un desvío estándar de 10,5% o 264 kg/há. Por más que no se hayan encontrado diferencias significativas entre los tratamientos, se observa que el CNm presentó la media más baja con 5,6% o 195 kg/há, mientras que el CN, 60 N y 120 N presentaron medias de 14,4% o 352 kg/há, 12,6% o 329 kg/há y 11,2% o 386 kg/há respectivamente.

Los restos secos presentaron una media experimental 12,4% o de 345 kg/há, con un desvío estándar de 13,0% o de 334 kg/há. Los valores tanto en proporción como en valores absolutos no variaron mucho entre tratamientos. De esta manera los valores de las medias en proporción variaron entre 11,1% y 14,9%, mientras que en valores absolutos las medias variaron entre 328 y 389 kg/há.

Bemhaja (1994) indica que tanto al fertilizar con nitrógeno como agregar leguminosas se espera una mayor fertilidad en el suelo, llevando a un aumento de las especies invernales más productivas. En este experimento no se apreció lo antedicho, sino que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto se puede deber a que los aumentos de fertilidad se aprecian mejor en años desfavorables climáticamente. Además el periodo experimental de este trabajo no abarca toda la temporada de crecimiento sino que abarca solo el principio del desarrollo de las especies invernales.

4.2.2.2. Efecto de la estación sobre el disponible

En el cuadro No. 11 se observa que la variable cob SDyM presentó diferencias significativas al efecto de la estación ($p=0,0001$), así como también la variable cob MCS ($p=0,0334$).

Cuadro No. 11. Cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para las distintas estaciones en el experimento 1

Estación	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
Verano	3,4 A a	5,7 A a
Otoño	0,2 B b	2,6 B b

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Al analizar el cuadro No. 11, el efecto de la estación sobre la cobertura de suelo descubierto y mantillo se aprecia una mayor proporción de este suelo en verano. Esto es debido a que durante el otoño comienzan a germinar las especies anuales invernales que son altamente favorecidas cuando la disponibilidad de nitrógeno es buena, de esta manera, cuando llega el fin de su ciclo sobre fin de la primavera, dejan restos de materia orgánica en descomposición (mantillo) y posteriormente el suelo desnudo (Ayala y Carámbula, 1994). Por más que aquí estén los efectos de los cuatro tratamientos en cada estación, los tratamientos con mayor proporción de malezas de campo sucio fueron los tratamientos nitrogenados en el verano tal como se puede ver más adelante en el cuadro No. 14.

Se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación en la variable GAI-TF expresada en proporción ($p=0,0705$). Mientras que en las variables GPE-TF ($p=0,5990$), GPE-OD ($p=0,4146$) y RS ($p=0,3270$) expresadas en proporción no se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación (cuadro No. 12).

Cuadro No. 12. Efecto de la estación sobre el forraje disponible, y sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras y restos secos expresadas en proporción en el experimento 1

Estación	Disp (kg/há)	GAI-TF (%)	GPE-TF (%)	GPE-OD (%)	RS (%)
Verano	3018 B b	0,0 B	55,6	4,6	10,6
Otoño	3615 A a	0,8 A	58,3	5,5	14,3

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

En general, no se encontraron diferencias significativas entre los principales grupos que explicaron la composición botánica de este experimento cuando se las expresó en proporción. Solamente se encontraron diferencias en las GAI-TF, las cuales explican muy poco de composición botánica. Esta diferencia radica, en que las especies con estas características (principalmente

Lolium multiflorum) comenzaron a germinar sobre el fin del otoño, generando la diferencia entre estaciones.

Si se observan los mismos grupos botanales pero expresados en valores absolutos (cuadro No. 13), se aprecia que se encontraron diferencias significativas en las GAI-TF ($p=0,0467$), GPE-TF ($p=0,0304$), GPE-OD ($p=0,0836$) y RS ($p=0,0065$).

Cuadro No. 13. Efecto de la estación sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras y restos secos expresadas en valores absolutos en el experimento 1

Estación	GAI-TF (kg/há)	GPE-TF (kg/há)	GPE-OD (kg/há)	RS (kg/há)
Verano	0 B b	1478 B b	119 B	243 B b
Otoño	23 A a	1885 A a	176 A	487 A a

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Cuando se analizan las mismas variables expresadas en valores absolutos, aparecen diferencias significativas en 3 grupos más. Estas diferencias ocurren dado que también hay diferencias en el forraje disponible entre estaciones, llevando a que grupos que no son diferentes entre estaciones cuando se los presenta en proporción, pero si hay diferencias cuando se los presenta en valores absolutos.

Además, existieron seis grupos que estuvieron presentes dentro del experimento pero que no presentaron diferencias significativas al efecto de la estación tanto en valores absolutos como en proporción.

Cuatro de estos grupos a su vez se expresaron en baja proporción. Ellos son las gramíneas perennes invernales ordinarias/duras con una media de 0,1% o 1,4 kg/há, y un desvío estándar de 0,2% o 5 kg/há ($p=0,2400$ y $p=0,3841$ en proporción y valores absolutos respectivamente); las hierbas con una media de 2,6% o 66 kg/há, y un desvío estándar de 2,9% o 64 kg/há ($p=0,1437$ y $p=0,3898$ en proporción y valores absolutos respectivamente); los cardos con una media de 0,7% o 18 kg/há, y un desvío estándar de 1,2% o 30 kg/há ($p=0,6832$ y $p=0,9890$ en proporción y valores absolutos respectivamente); y los graminoides con una media de 2,0% o 62 kg/há, y un desvío estándar de 5,0% o 158 kg/há ($p=0,4868$ y $p=0,5937$ en proporción y valores absolutos respectivamente).

Otro grupo que no presentó diferencias significativas entre estaciones fueron las gramíneas perennes invernales tiernas/finas en donde la media experimental fue de 11,0% o 286 kg/há, y un desvío estándar de 10,5% o 264

kg/há ($p=0,7822$ y $p=0,2935$ en proporción y valores absolutos respectivamente). En el verano este grupo representó el 10,3% o 251 kg/há mientras que en el otoño representó el 11,1% o 329 kg/há.

Las leguminosas tampoco presentaron diferencias significativas entre estaciones. Este grupo presentó una media experimental de 9,8% o 315 kg/há, y un desvío estándar de 19,6% o 642 kg/há ($p=0,1177$ y $p=0,1479$ en proporción y valores absolutos respectivamente). En el verano las leguminosas representaron el 11,8% o 377 kg/há, mientras que en otoño representaron un 6,7% o 228 kg/há.

4.2.2.3. Efecto interacción tratamiento*estación en el disponible

No hubo diferencias significativas en la cob SDyM ($p=0,4227$) y en la cob MCS ($p=0,4056$) al efecto de la interacción (cuadro No. 14).

Cuadro No. 14. Forraje disponible, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para el efecto de la interacción en el experimento 1

Interacción	Disp (kg/há)	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
CN-ver.	2769 B	2,8 ABC	6,5
CNm-ver.	3850 A	1,6 ABC	4,2
60 N-ver.	2793 B	4,3 AB	3,8
120 N-ver.	2660 B	4,9 A	8,4
CN-oto.	3730 A	0,1 C	2,8
CNm-oto.	3825 A	0,1 C	4,3
60 N-oto.	3468 AB	0,0 C	1,7
120 N-oto.	3437 AB	0,5 BC	1,8

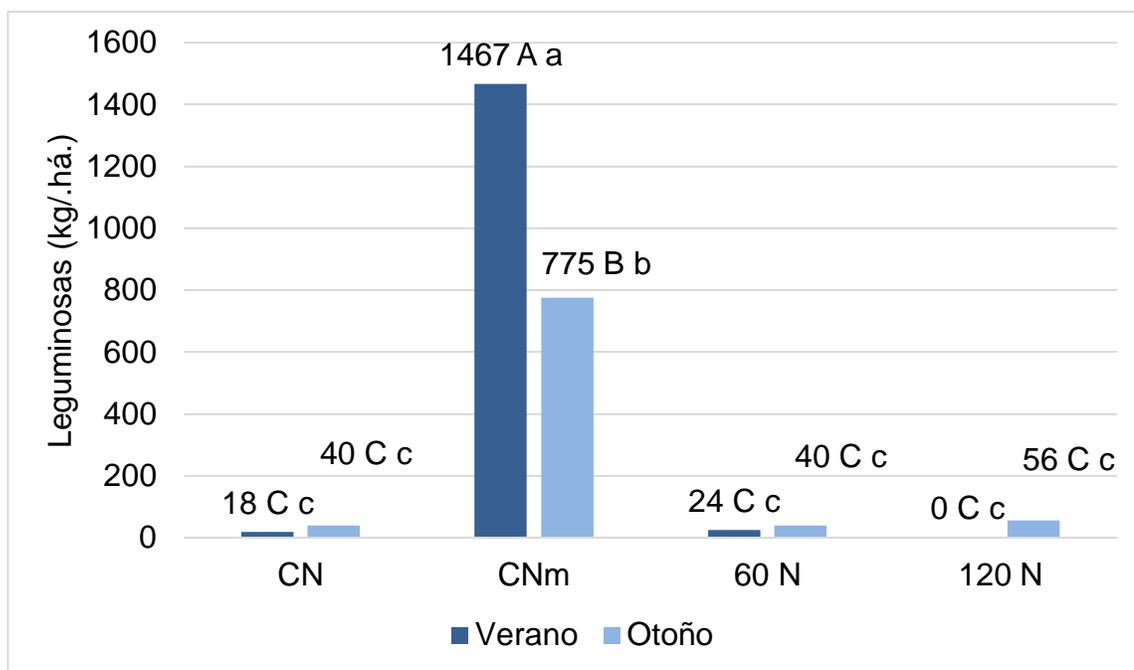
Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$.

Por lo que, las diferencias que se encuentran están dadas por el efecto del tratamiento y/o el efecto de la estación por separado.

Sin embargo se pueden apreciar algunos detalles. Por ejemplo, que el tratamiento de 120 N, fue el que presentó los mayores valores de cob SDyM en cualquiera de las estaciones más allá de las diferencias significativas. Además se puede comprobar que en todos los tratamientos con excepción del CNm la cob MCS disminuyó del verano al otoño, como debería ser esperable, dado que la mayoría de las especies malezas son de ciclo estival; sin embargo no queda claro porque no se ve ese mismo efecto en el CNm.

Por otra parte, la variable leguminosas en proporción se diferenció significativamente ($p=0,0227$) al efecto de la interacción tratamiento*estación (figura No. 11), mientras que también se diferenció cuando se la expresó en

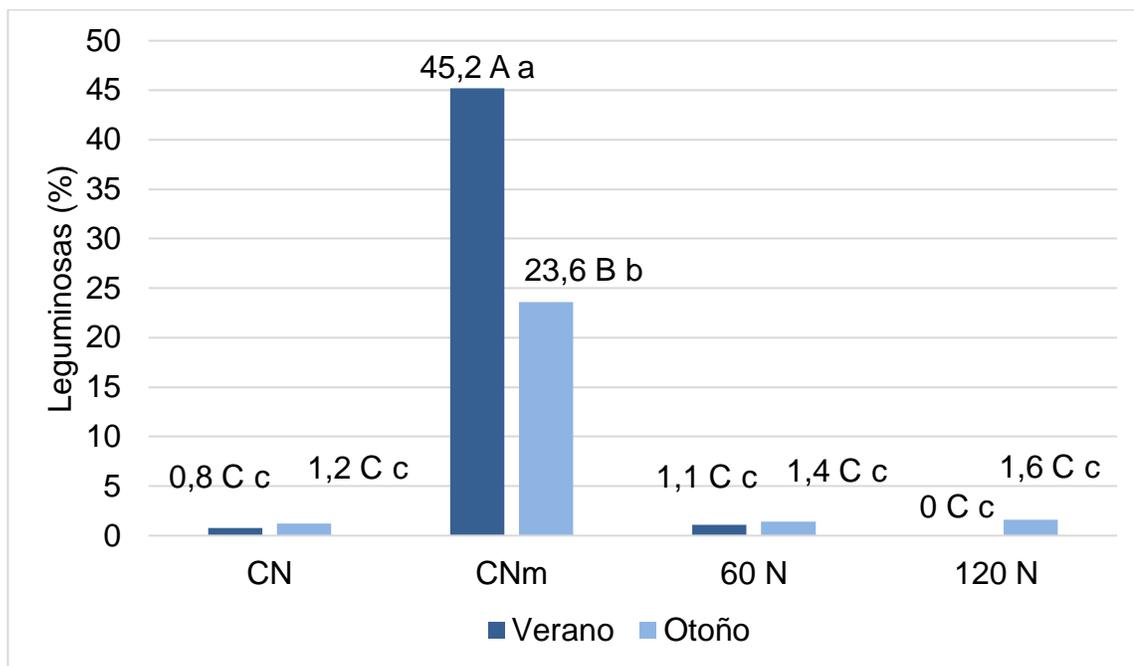
valores absolutos ($p=0,0310$, figura No. 10). Vale recordar que éste fue el único grupo botanal que presentó significancia al efecto de la interacción.



Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Figura No. 10. Efecto de la interacción tratamiento*estación sobre las leguminosas expresada en valores absolutos para el experimento 1

La interacción en este caso estuvo dada por la contribución diferencial de las leguminosas en el tratamiento de CNm. Esto se debió a las muy buenas condiciones de crecimiento que se dieron durante este periodo permitieron aprovechar las buenas condiciones forrajeras de las especies introducidas en este tratamiento para producir forraje; condiciones que no fueron iguales en el periodo otoñal en donde la temperatura, radiación y ETR del cultivo disminuyeron, afectando el crecimiento. Según Díaz Lago et al. (1996), la tasa de crecimiento de *Trifolium pratense* cv Estanduela 116 se reduce alrededor de un 50% del verano del primer año al otoño del segundo, en valores promedios de varios años de estudio. En este caso, la disminución de la contribución de forraje de las leguminosas fue del 47% aproximadamente.



Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Figura No. 11. Efecto de la interacción tratamiento*estación sobre las leguminosas expresada en proporción para el experimento 1

Cuadro No. 15. Efecto de la interacción en el experimento 1 sobre las gramíneas perennes invernales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales ordinarias-duras, hierbas, restos secos y graminoides en proporción

Interacción	GPI-TF (%)	GPE-TF (%)	GPE-OD (%)	Hierbas (%)	RS (%)	Graminoides (%)
CN-ver.	16,1	64,4	9,7 A	2,9	3,8	1,6
CNm-ver.	3,3	38,8	3,0 B	0,8	7,8	0,3
60 N-ver.	14,6	59,8	3,2 B	4,7	13,3	2,2
120 N-ver.	10,4	59,5	2,5 B	4,0	17,6	5,3
CN-oto.	12,6	56,9	8,5 AB	1,2	18,5	0,3
CNm-oto.	7,9	48,2	2,9 B	1,2	15,3	0,7
60 N-oto.	10,6	64,0	7,0 AB	2,8	11,2	1,0
120 N-oto.	9,9	64,0	3,7 AB	2,5	12,2	3,6

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

Por otra parte, en el cuadro No. 15 se muestran el resto de los valores al efecto de la interacción de los grupos botanales expresados en proporción. No

se encontraron diferencias significativas en GPI-TF ($p=0,7044$), GPE-TF ($p=0,6625$), GPE-OD ($p=0,3868$), hierbas ($p=0,7217$), RS ($p=0,2130$) y graminoides ($p=0,9474$) expresados en proporción.

En el cuadro No. 16 se muestran las mismas variables que en el cuadro No. 15, pero expresadas en valores absolutos. De esta forma tampoco se encontraron diferencias significativas al efecto de la interacción en las GPI-TF ($p=0,8172$), GPE-TF ($p=0,9510$), GPE-OD ($p=0,5047$), hierbas ($p=0,7569$), RS ($p=0,1604$) y graminoides ($p=0,9653$).

Cuadro No. 16. Efecto de la interacción en el experimento 1 sobre las gramíneas perennes invernales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales tiernas-finas, gramíneas perennes estivales ordinarias-duras, hierbas, restos secos y graminoides en valores absolutos

Interacción	GPI-TF (kg/há)	GPE-TF (kg/há)	GPE-OD (kg/há)	Hierbas (kg/há)	RS (kg/há)	Gram. (kg/há)
CN-ver.	310	1662	236 AB	73	99 B	45
CNm-ver.	104	1335	99 B	27	241 AB	10
60 N-ver.	330	1499	79 B	115	284 AB	74
120 N-ver.	265	1416	61 B	76	348 AB	155
CN-oto.	394	1950	286 A	42	640 A	11
CNm-oto.	289	1661	99 B	43	538 AB	25
60 N-oto.	328	1959	215 AB	81	371 AB	36
120 N-oto.	308	1967	104 AB	62	399 AB	120

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

Tanto en el cuadro No. 15, como en el cuadro No. 16, las diferencias que se encuentran están dados por el efecto del tratamiento y/o el efecto de la estación.

4.2.2.4. Efecto del tratamiento sobre el remanente

Tanto la cobertura de suelo descubierto y mantillo ($p=0,3143$), como la cobertura de malezas de campo sucio ($p=0,9250$), no presentaron diferencias significativas bajo el efecto del tratamiento. De esta manera la cobertura de suelo descubierto y mantillo presentó una media experimental de 5,0%, con un desvío estándar de 6,6%. Por más que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, se observó que a medida que el nivel de intervención aumentaba, la proporción de suelo descubierto y mantillo en el remanente también aumentaba. De esta manera el CN presentó un valor promedio de 2,8%; el CNm de 4,2%; 60 N de 4,8%; y 120 N de 6,5%. Por otro lado, la cobertura de malezas de campo sucio presentó una media experimental de 3,7% con un desvío

estándar de 6,1%. En cuanto al valor de cada tratamiento, en el CN fue de 3,2%, en el CNm de 4,5%, en el de 60 N fue de 3,4% y en el de 120 N fue de 3,1%.

A pesar de no haber diferencias significativas entre tratamientos, se apreció un leve aumento de la cobertura de suelo descubierto y mantillo a favor de los tratamientos nitrogenados, lo cual puede ser ocasionado por el aumento en la fertilidad del campo a través de las fertilizaciones, que tiende a favorecer a las especies anuales invernales. Dicho grupo, durante el verano no se encuentra, dejando el suelo descubierto o mantillo (Ayala y Carámbula, 1994).

En el cuadro No. 17 muestra que no se encontraron diferencias al efecto del tratamiento en el forraje verde ($p=0,9797$ y $p=0,7936$ en proporción y en valores absolutos respectivamente), y en el forraje seco ($p=0,9587$ y $p=0,4552$ en proporción y en valores absolutos respectivamente).

Bonanseña (2018) tampoco encontró diferencias significativas en la relación verde/seco entre tratamientos. Sin embargo, éste autor menciona que en los tratamientos con adición de nitrógeno se observa una tendencia de disminución de la relación verde/seco en el remanente. Esto no ocurre en este experimento de una manera para ser reportado.

Cuadro No. 17. Efecto del tratamiento sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 1 para todo el periodo experimental

Trat.	Rem (kg/há)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
CN	1786	1268	70,7	520	29,3
CNm	1711	1203	70,7	508	29,3
60N	1553	1114	70,5	439	29,5
120N	1609	1141	69,0	474	31,0

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

4.2.2.5. Efecto de la estación sobre el remanente

En la variable cob SDyM se encontraron diferencias al efecto de la estación ($p=0,0003$), no así en la cob MCS ($p=0,1136$) sobre el remanente (cuadro No. 18).

Aquí se pueden observar los mismos efectos que cuando se analizó el efecto de la estación sobre el disponible. Por lo que la explicación de las diferencias es básicamente la misma. Sin embargo, en este caso no hay

diferencias significativas en la cob MCS, ya que las diferencias tendieron a reducirse un poco. Sin embargo, en la cob SDyM, en ambos casos se observa un aumento de los valores promedios encontrados entre el disponible y el remanente. Esto tiene sentido, ya que el pastoreo, no debería aumentar la cobertura de las MCS, sin embargo si puede llegar a influir en la cob SDyM.

Cuadro No. 18. Cobertura de suelo descubierto y mantillo y cobertura de malezas de campo sucio en el remanente del experimento 1 bajo el efecto de la estación

Estación	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
Verano	7,4 A a	4,9
Otoño	1,8 B b	2,2

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

En el cuadro No. 19 se observa que las variables de verde y seco en valores absolutos se diferenciaron significativamente al efecto de la estación ($p=0,0276$ y $p=0,0006$ respectivamente). Mientras que en proporción no se encontraron diferencias significativas ($p=0,2580$ y $p=0,2765$ respectivamente).

Cuadro No. 19. Efecto de la estación sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 1

Estación	Rem (kg/há)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
Verano	1874 A a	1317 A a	68,9	559 A a	31,1
Otoño	1455 B b	1046 B b	71,8	412 B b	28,2

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Estas diferencias en las cantidades de verde/seco entre cada estación siguen el mismo patrón que la cantidad de forraje remanente, pero sin diferencias en las proporciones.

4.2.2.6. Efecto interacción tratamiento*estación en el remanente

No se encontraron efectos a la interacción en la cob SDyM ($p=0,2118$) y en cob MCS ($p=0,8780$, cuadro No. 20).

Las diferencias encontradas son debidas a el efecto del tratamiento y/o al efecto de la estación por separado. Al igual que en otros casos, la cob SDyM es mayor pos-pastoreo que pre-pastoreo.

Tampoco se encontraron diferencias en verde en valores absolutos ($p=0,6976$), verde en proporción ($p=0,7767$), seco en valores absolutos ($p=0,3311$) y seco en proporción ($p=0,7613$) al efecto de la interacción (cuadro No. 21).

Cuadro No. 20. Cobertura de suelo descubierto y mantillo y cobertura de malezas de campo sucio en el remanente del experimento 1 bajo el efecto de la interacción

Interacción	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
CN-verano	4,3 AB	3,6
CNm-verano	5,6 AB	6,4
60 N-verano	8,0 AB	4,4
120 N-verano	11,7 A	5,1
CN-otoño	1,4 B	2,7
CNm-otoño	2,7 B	2,5
60 N-otoño	1,7 B	2,4
120 N-otoño	1,4 B	1,1

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

En este caso también las diferencias encontradas son debidas a el efecto del tratamiento y/o al efecto de la estación; las cuales ya fueron analizadas en párrafos anteriores.

Cuadro No. 21. Efecto de la interacción sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 1

Interacción	Rem (kg/há)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
CN-verano	2023	1450	71,3	573 AB	28,7
CNm-verano	2061	1424	69,3	637 A	30,7
60 N-verano	1729	1210	67,5	519 AB	32,5
120 N-verano	1685	1181	67,0	504 AB	33,0
CN-otoño	1550	1083	70,0	467 AB	30,0
CNm-otoño	1360	981	72,1	379 B	27,9
60 N-otoño	1376	1017	73,4	359 B	26,6
120 N-otoño	1533	1093	71,0	440 AB	29,0

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

4.2.3. Producción secundaria y oferta de forraje

A continuación, se presentarán los resultados sobre la producción secundaria en los distintos parámetros evaluados en el experimento 1. Se recuerda, que debido a un cambio de animales que se realiza el 16 de marzo

(momento que coincide con el cambio de estación), se realiza el análisis por separado de los resultados según la estación.

4.2.3.1. Verano

Como se observa en el cuadro No. 22, en el verano todas las variables a las cuales se le pudo realizar análisis estadístico presentaron diferencias significativas al efecto del tratamiento y al contraste 2, por lo que se puede inferir que las mayores diferencias se encontraron entre los tratamientos nitrogenados con el tratamiento mejorado con leguminosas. A su vez la OF fue significativa en el contraste 1, mientras que el resto de las variables en dicho contraste y todas las variables en el contraste 3 no fueron significativas en el análisis de varianza.

Cuadro No. 22. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y los tres contrastes sobre la oferta de forraje, número de dietas y ganancia media diaria por animal del experimento 1 en el verano

Variable	Efecto tratamiento	Contrastes		
		1	2	3
OF (%)	**	*	**	n/s
ND (UG/há/día)	*	n/s	**	n/s
GMD (kg/an./día)	**	n/s	**	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

En el cuadro No. 23 se puede observar como todas las variables estudiadas frente al efecto del tratamiento fueron significativamente diferentes, y a continuación se presenta el p-valor de cada una de ellas: OF ($p=0,0051$), ND ($p=0,0621$) y GMD ($p=0,0346$).

En todos los tratamientos, los valores de OF finales fueron inferiores a los valores objetivos que se fijaron en la metodología experimental en forma previa (10-12%). En se debió en parte a la alta carga que presentaban los tratamientos al comienzo del verano y que hubo una demora en el ajuste de los kg de PV. Esto impactó en mayor medida en los tratamientos con fertilización nitrogenada, generando menor OF, los cuales presentaban una mayor carga animal por unidad de superficie y que así repercutió en una mayor carga en la estación, por más que no es estadísticamente comparable por la falta de repeticiones.

La ganancia media diaria presentó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el CNm el tratamiento con ganancias mayores, pero solo diferenciándose del 60 N mediante el análisis del test de Tukey con 10% de probabilidad de error, sin diferencias al 5% por más que en el análisis de varianza el p-valor de la característica fue de 0,0346. De todas formas, los

animales del CNm presentaron ganancias diarias promedio de 200 a 300 gramos de diferencias con los otros tratamientos. Esto presenta similitudes con las diferencias encontradas en las OF, en donde a medida que la OF aumentó, se observó el mismo comportamiento de la GMD. También hay que considerar que como se observó en el cuadro No. 6, el CNm presentó los mayores disponibles en el verano, diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos. Galli et al. (1996) afirman que el peso del bocado aumenta con la altura, a través de una mayor profundidad de forraje. Por otra parte, estos autores coinciden con Forbes y Hodgson, citados por Amarante et al. (1995) quienes dicen que el peso del bocado es la variable que mayor explica el consumo. Es así como el CNm el cual se diferencia significativamente en la AltD, también se diferencia por la GMD. Esto coincide con Nabinger et al. (2007), quienes afirman que, a mayor oferta de forraje y disponibilidad de forraje por unidad de superficie, mejora la ganancia diaria animal. Además, Soares et al. (2005), observaron que las mejores ganancias individuales en el verano se dan en ofertas de forraje del 12%, y disminuyen en ofertas del 8%, por lo que estos datos son coincidentes con los obtenidos en este experimento.

Cuadro No. 23. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el verano

Trat.	OF (%)	CI (kg/há)*	CT (kg/há)*	ND (UG/há/d.)	GMD (kg/an./d.)	G/há (kg/há)*
CN	8,6 AB ab	2340	584	3,3 B	0,703 AB	139
CNm	9,1 A a	3069	758	5,3 A	0,924 A	198
60 N	6,2 BC b	3527	877	3,7 AB	0,639 B	149
120 N	5,9 C b	3478	866	3,5 AB	0,649 AB	151

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$. * las variables CI, CT y G/há no presentan análisis estadístico por falta de repeticiones.

Otra razón de las diferencias en las ganancias individuales es la calidad de la pastura. Como se mencionó en la revisión bibliográfica, tanto la fertilización nitrogenada, como el mejoramiento con leguminosas generan una mejor calidad de la dieta. En el caso del CNm, presentó una alta proporción de leguminosas en el forraje disponible, el cual fue en promedio de 45,2% en el verano, representado esencialmente por las especies *Trifolium pratense* y *Lotus tenuis*, las cuales fueron las especies introducidas que presentan alto valor forrajero. Anfuso et al. (2016), declaran un aumento de 1,4 puntos porcentuales en la proporción de proteína cruda de la dieta en el mejoramiento con leguminosas de un campo natural frente a uno sin mejorar en el periodo primaveral. Por otro lado, Mieres et al. (2004), en un resumen de la base de datos con las muestras analizadas por

el laboratorio de nutrición animal del INIA La Estanzuela con más de 12.000 muestras con alrededor de 80.000 análisis de laboratorio y 40.000 parámetros nutricionales calculados, muestran que un mejoramiento de campo natural con leguminosas aumenta la proteína cruda, pasando de 8,6 a 12,2% en promedio, mientras que el aumento en la digestibilidad de la materia orgánica pasa de 54,7 a 58,4% en el periodo estival. Esto explica como el CN y el CNm con ofertas de forraje bastante parecidas, presentan diferencias en las ganancias individuales de más de 0,200 kilogramos por animal por día.

En cuanto a la fertilización nitrogenada invierno-primaveral, no parecen haber efectos en una mejora de la calidad de la dieta en el periodo estival, al menos si se observan los cuadros de composición botánica. El único efecto que se pudo comprobar fue una disminución de las gramíneas perennes estivales ordinarias-duras en relación con el testigo, lo que presenta un efecto en la mejora de la calidad de la dieta.

La ganancia por unidad de superficie es función de los valores de ganancia individual y la carga animal, en este caso por falta de repeticiones no se pudo realizar un análisis estadístico de la variable, sin embargo, se observa como el CNm presentó las mayores ganancias por unidad de superficie, explicado básicamente por mayores ganancias individuales. Esta variable presenta una asociación con la variable MSdes, en donde a mayor MSdes se obtuvieron mayores ganancias por unidad de superficie.

4.2.3.2. Otoño

En el otoño no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas, ya sea al efecto del tratamiento o en los 3 contrastes (cuadro No. 24).

Cuadro No. 24. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y los tres contrastes sobre la oferta de forraje, número de dietas y ganancia media diaria por animal del experimento 1 en el otoño

Variable	Efecto tratamiento	Contrastes		
		1	2	3
OF (%)	n/s	n/s	n/s	n/s
ND (UG/há/día)	n/s	n/s	n/s	n/s
GMD (kg/an./día)	n/s	n/s	n/s	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

No fueron diferentes significativamente al efecto del tratamiento las variables OF ($p=0,5855$), ND ($p=0,3423$) y GMD ($p=0,8288$) en el otoño (cuadro No. 25).

Cuadro No. 25. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el otoño

Trat.	OF (%)	CI (kg/há)*	CT (kg/há)*	ND (UG/há/d.)	GMD (kg/an./d.)	G/há (kg/há)*
CN	8,0	2643	645	2,3	0,131	30
CNm	6,9	3065	748	2,9	0,124	32
60 N	6,4	2986	760	2,6	0,094	22
120 N	6,6	2842	720	2,6	0,070	16

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$. * las variables CI, CT y G/há no presentan análisis estadístico por falta de repeticiones.

Nuevamente las ofertas de forraje de los tratamientos estuvieron por debajo del objetivo (8-10%). A diferencias de lo ocurrido en el verano, en esta estación no se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento en las ofertas de forraje. La mayor oferta de forraje fue en el CN, y se explica por la menor carga que obtuvo ese tratamiento, ya que los disponibles fueron muy parecidos entre los tratamientos para esta estación.

La GMD no presentó diferencias significativas al efecto del tratamiento en esta estación, por lo que no se pudo constatar un efecto de la fertilización nitrogenada invierno-primaveral o el efecto de la incorporación de leguminosas en la ganancia individual del periodo otoñal. La OF de forraje podría haber tenido poco efecto en la ganancia individual, primero porque no existieron diferencias entre los tratamientos, y segundo, es que según Soares et al. (2005) no existe efecto de la oferta de forraje en las ganancias individuales en el periodo otoñal.

Por otra parte, pareciera que la calidad de la dieta no fue diferente entre los tratamientos, o ésta no fue suficientemente diferente para marcar diferencias en las ganancias individuales ante la misma oferta entre los tratamientos. Por ejemplo, la proporción de leguminosas disminuyó a la mitad en el periodo otoñal en comparación al verano (23,6 vs. 45,2%), lo que pudo significar que la calidad dieta del CNm no presentó grandes diferencias (en digestibilidad y proporción de proteína cruda) en relación con el testigo (CN). Mieres et al. (2004), advierten que las diferencias en estos parámetros se reducen a la mitad en relación con lo ocurrido en el verano.

El número de dietas tampoco fue afectado por el efecto del tratamiento, básicamente porque tampoco se encontraron diferencias significativas en las tasas de crecimiento de la pastura en los diferentes niveles de intervención en dicha estación.

4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2

4.3.1. Producción primaria

En el cuadro No. 26 se presenta un resumen de la significancia estadística de las variables analizadas. Como se puede observar, no se encontraron diferencias significativas tanto al efecto del tratamiento como al efecto de la interacción tratamiento*estación a las variables de producción de forraje. Esto podría estar explicando que el efecto que se logra con la aplicación de 60 o 120 unidades de nitrógeno al año no genera grandes diferencias entre éstos.

Cuadro No. 26. Resumen de la significancia estadística de los efectos analizados y de la historia de fertilización sobre las variables de producción primaria y características de la pastura para el total del periodo del experimento 2

Variable	Efecto trat.	Efecto estación	Efecto interacción trat.*estación	Contraste hist. de fert.
ProdT MS (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s
TC (kg/há/día)	n/s	**	n/s	n/s
Total MSdes (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s
Total Des (%)	n/s	**	n/s	*
Disp. (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s
AltD (cm.)	n/s	**	n/s	n/s
Rem (kg/há)	n/s	**	n/s	**
AltR (cm.)	n/s	n/s	n/s	n/s
MSdes (kg/há)	n/s	**	n/s	*
Des (%)	n/s	**	n/s	**

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

Sin embargo, si se observa la columna del contraste por historia de fertilización se aprecia que empiezan a aparecer diferencias significativas a las variables relacionadas a la producción de forraje, que serán analizadas más adelante.

Por otro lado, todas las variables relacionadas a la producción primaria (con excepción del forraje desaparecido total y la altura del forraje remanente), fueron significativamente diferentes al efecto de la estación.

4.3.1.1. Efecto del tratamiento

No se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento tanto en la producción neta de MS ($p=0,3430$), en la tasa de crecimiento ($p=0,3247$), en el forraje desaparecido total ($p=0,7878$), ni en el forraje desaparecido total en porcentaje ($p=0,4337$, cuadro No. 27).

Cuadro No. 27. Efecto del tratamiento sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 2 en el total del periodo

Tratamiento	ProdT MS (kg/há)	TC (kg/há/día)	Total MSdes (kg/há)	Total Des (%)
60 N	4460	23,3	4668	50,4
120 N	4866	25,4	4884	53,9

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Se observa que al hacer el análisis de dichas variables con los tratamientos nitrogenados de todos los bloques se obtienen casi que los mismos resultados que los obtenidos en el experimento 1. Lo único que se observa es un cambio de ranking entre los tratamientos debidos a que la TC de 60 N bajo un punto con respecto a experimento 1, mientras que la TC de 120 N aumentó un par de puntos. Sin embargo, no se encuentran diferencias significativas al efecto de la dosis de fertilización otoño-invernal en la producción estivo-otoñal. Además, se debe agregar que no hubo efecto por la oferta de forraje, debido a que ésta no fue diferente entre tratamientos en ninguna de las estaciones.

De esta manera, se puede descartar un mayor efecto de residual debido a niveles más altos de fertilización, al menos en estos niveles.

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento en Disp ($p=0,6832$), AltD ($p=0,8816$), Rem ($p=0,3346$), AltR ($p=0,3869$), MSdes ($p=0,6388$) y Des ($p=0,4676$, cuadro No. 28).

Cuadro No. 28. Efecto del tratamiento sobre el forraje disponible, altura del forraje presente a la entrada de los animales, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 2 en el total del periodo

Tratamiento	Disp (kg/há)	AltD (cm.)	Rem (kg/há)	AltR (cm.)	MSdes (kg/há)	Des (%)
60 N	3085	14,6	1508	9,3	1577	50,0
120 N	3029	14,5	1392	8,6	1638	52,7

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Ambos tratamientos presentaron un comportamiento similar en todas las variables de la producción de forraje. Como datos para señalar se puede indicar un menor Rem y AltR en el 120 N, que pueden deberse a una leve mayor presión de pastoreo frente al 60N, generando a su vez una mayor MSdes y Des.

4.3.1.2. Efecto de la estación

Se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación tanto para la producción neta de materia seca ($p=0,0001$), para la tasa de crecimiento ($p=0,0071$) y para el forraje desaparecido total en porcentaje ($p=0,0001$). Mientras que no se encontraron diferencias significativas en el forraje desaparecido total ($p=0,6693$, cuadro No. 29).

Cuadro No. 29. Efecto de la estación sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 2

Estación	ProdT MS (kg/há)	TC (kg/há/día)	Total MSdes (kg/há)	Total Des (%)
Verano	2835 A a	27,5 A a	2302	41,6 B b
Otoño	1826 B b	21,3 B b	2474	62,7 A a

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Al igual que en el experimento 1, las mejores condiciones en el verano dado por la temperatura y radiación, en conjunto con la buena disponibilidad hídrica permitió una mejor expresión del crecimiento en dicha estación con respecto al otoño. Estas mejores condiciones de crecimiento permitieron que el crecimiento estival fuese un 29% superior al crecimiento otoñal.

Por otro lado, se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación en las variables Disp ($p<0,0001$), AltD ($p=0,0050$), Rem ($p=0,0443$), MSdes ($p<0,0001$) y Des ($p<0,0001$). Mientras que en la variable AltR ($p=0,3325$) no se encontraron diferencias significativas (cuadro No. 30).

Cuadro No. 30. Efecto de la estación sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 2

Estación	Disp (kg/há)	AltD (cm.)	Rem (kg/há)	AltR (cm.)	MSdes (kg/há)	Des (%)
Verano	2726 B b	13,1 B b	1575 A a	9,3	1151 B b	41,3 B b
Otoño	3388 A a	16,0 A a	1325 B b	8,5	2063 A a	61,5 A a

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

En este caso se puede desprender el mismo análisis que para el experimento 1.

4.3.1.3. Efecto de la historia de fertilización

No se encontraron diferencias significativas al efecto de la historia de la fertilización tanto para la producción neta de materia seca ($p=0,5136$), la tasa de crecimiento ($p=0,4605$) y el forraje desaparecido total ($p=0,4303$). Mientras que si se encontraron diferencias significativas en el forraje desaparecido total en porcentaje ($p=0,0740$, cuadro No. 31).

Cuadro No. 31. Efecto de la historia de la fertilización sobre la producción neta de MS, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total y forraje desaparecido total en porcentaje para el experimento 2

	ProdT MS (kg/há)	TC (kg/há/día)	Total MSdes (kg/há)	Total Des (%)
Sin historia previa	4524	23,6	4457	47,9 B
Con historia previa	4802	25,2	5095	56,4 A

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Los valores de tasa de crecimiento de los tratamientos de con mayor historia de fertilización son solamente un 7% superior a los otros tratamientos, valores coincidentes a los obtenidos por Belora et al. (2017). El mayor crecimiento de los tratamientos con mayor historia de fertilización puede estar explicado por un manejo con una OF menor a los tratamientos con menor historia previa de fertilización, valores que coinciden con los obtenidos por Zanoniani et al. (2011). Estos autores indican que la tasa de crecimiento de la pastura aumentó con las fertilizaciones nitrogenadas, pero ésta fue mayor en bajas ofertas con respecto a altas ofertas de forraje. Según Zanoniani et al. (2011) esto se debe a que “el agregado de N determina un rebrote más rápido, alcanzándose rápidamente el IAF óptimo que, en los tratamientos de alta OF con IAF remanentes mayores, produce condiciones de sombreado que determinan una reducción en la acumulación de materia seca verde”.

En el cuadro No. 32 se observa que no se encontraron efectos significativos a la historia de la fertilización nitrogenada en Disp ($p=0,6909$) y AltD ($p=0,9844$). Tampoco se llegan a encontrar diferencias significativas en AltR ($p=0,1246$); pero si se encontraron diferencias en Rem ($p=0,0265$), el cual se explica por las diferencias en las OF entre ambos grupos. De esta manera el grupo con mayor historia de fertilización presentó ofertas de forraje de 0,9 y 1,7 puntos por debajo, en verano y otoño respectivamente en relación con el grupo con menor historia de fertilización. Esta mayor presión de pastoreo a partir de un nivel similar de Disp llevó a que haya diferencias en el Rem.

Cuadro No. 32. Efecto de la historia de la fertilización sobre el forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido y el forraje desaparecido en porcentaje para el experimento 2

	Disp (kg/há)	AltD (cm.)	Rem (kg/há)	AltR (cm.)	MSdes (kg/há)	Des (%)
Sin h. pre.	3083	14,5	1584 A a	9,5	1499 B	47,2 B b
Con h. pre.	3031	14,5	1316 B b	8,3	1715 A	55,6 A a

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Como consecuencia a esto también se encontraron diferencias significativas en MSdes ($p=0,0959$) y Des ($p=0,0268$). Dado que, al entrar a pastorear con la misma materia seca disponible y distintas ofertas, la diferencia en la materia seca desaparecida se explica por los distintos valores en la materia seca remanente.

4.3.2. Composición botánica

En el siguiente punto se presentan los resultados sobre la composición botánica, tanto del forraje disponible como del forraje remanente, de manera de conocer los cambios ocurridos debidos a los distintos niveles de intervención, al efecto de la estación y a la interacción de ambos factores para el experimento 2. De esa manera, en el cuadro No. 33 se presenta un resumen de la significancia estadística de todas las variables estudiadas sobre la composición botánica.

En relación con el efecto del tratamiento, se encontraron diferencias significativas en las hierbas y en las leguminosas (en ambos casos en proporción y en valores absolutos). Vale recordar que en este caso solo se están comparando 2 niveles de fertilización nitrogenada (60 o 120 kg/há/año) con un único nivel de fósforo (40 kg/há/año).

Por otra parte, el efecto de la estación fue el que presentó el mayor número de variables con significancia estadística. Por lo que en los valores que se presentaran más adelante hay bastante para analizar.

Por otra parte, no se encontraron efectos a la interacción en la composición del disponible; mientras que se encontraron varios efectos significativos en el contraste por historia de la fertilización, los cuales también serán analizados más adelante.

Cuadro No. 33. Resumen de la significancia estadística de los efectos analizados y la historia de fertilización en las variables de la composición botánica del forraje disponible del experimento 2

Variable	Efecto tratamiento	Efecto estación	Efecto interacción trat.*estación	Contraste hist. de fert.
cob SDyM (%)	n/s	**	n/s	n/s
cob MCS (%)	n/s	**	n/s	*
GAI-TF (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s
GAI-TF (%)	n/s	**	n/s	n/s
GPI-TF (kg/há)	n/s	*	n/s	n/s
GPI-TF (%)	n/s	n/s	n/s	n/s
GPI-OD (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s
GPI-OD (%)	n/s	n/s	n/s	n/s
GPE-TF (kg/há)	n/s	*	n/s	*
GPE-TF (%)	n/s	n/s	n/s	*
GPE-OD (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s
GPE-OD (%)	n/s	**	n/s	n/s
Hierbas (kg/há)	**	**	n/s	**
Hierbas (%)	**	n/s	n/s	**
RS (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s
RS (%)	n/s	n/s	n/s	n/s
Cardos (kg/há)	n/s	n/s	n/s	n/s
Cardos (%)	n/s	*	n/s	n/s
Gram. (kg/há)	n/s	n/s	n/s	*
Gram. (%)	n/s	n/s	n/s	**
Legum. (kg/há)	*	n/s	n/s	**
Legum. (%)	**	n/s	n/s	**

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

Al igual que en el experimento 1, hubo tres grupos botanales que no se registraron en ningún momento a lo largo del periodo experimental. Ellos son las gramíneas anuales invernales ordinarias-duras, gramíneas anuales estivales tiernas-finas y gramíneas anuales estivales ordinarias-duras.

El cuadro No. 34 muestra como afectaron los diferentes efectos evaluados en la composición del forraje remanente.

De esta manera, se encontró efecto del tratamiento solamente en la variable de cob SDyM, a favor del 120 N. Mientras que al efecto de la estación se encontró diferencias también en la cob SDyM, y en el forraje seco expresado en valores absolutos. No se encontraron diferencias significativas al efecto de la interacción en el remanente.

Cuadro No. 34. Resumen de la significancia estadística de los efectos analizados y la historia de fertilización en las variables de la composición botánica del forraje remanente del experimento 2

Variable	Efecto tratamiento	Efecto estación	Efecto Interacción tratamiento*estación	Contraste hist. de fert.
cob SDyM (%)	*	**	n/s	n/s
cob MCS (%)	n/s	n/s	n/s	n/s
Verde (kg/há)	n/s	n/s	n/s	*
Verde (%)	n/s	n/s	n/s	n/s
Seco (kg/há)	n/s	**	n/s	n/s
Seco (%)	n/s	n/s	n/s	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

Por otra parte, se encontró efecto significativo al forraje verde expresado en valores absolutos en el contraste por historia de fertilización.

4.3.2.1. Efecto del tratamiento sobre el disponible

En el cuadro No. 35, muestra que no se encontraron diferencias significativas tanto cob SDyM ($p=0,2955$), como en cob MCS ($p=0,7109$) al efecto del tratamiento sobre el disponible.

Cuadro No. 35. Forraje disponible total, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para los tratamientos del experimento 2

Tratamiento	Disp (kg/há)	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
60N	3085	2,1	5,3
120N	3029	3,2	6,0

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Ayala y Carámbula (1994) indican que se puede esperar un aumento de las dos variables estudiadas, ya que un aumento en la disponibilidad de nitrógeno trae aparejado un aumento de las especies anuales invernales que podrían dejar el suelo descubierto a fin de ciclo, llevando a la colonización de esos espacios por malezas de campo sucio durante el periodo estival. En esta ocasión puede ser que esto no se haya expresado ya que el verano fue con buena disponibilidad hídrica, y por lo tanto hubo una gran producción de forraje que probablemente evitó un enmalezamiento mayor en el tratamiento 120 N.

Por otro lado, se obtuvieron diferencias significativas tanto en hierbas ($p=0,0056$), como en leguminosas ($p=0,0413$). Mientras que no se encontraron

diferencias significativas en GPI-TF ($p=0,5562$), GPE-TF ($p=0,3193$) y RS ($p=0,6876$) expresados en proporción (cuadro No. 36).

Cuadro No. 36. Efecto del tratamiento sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, restos secos y leguminosas en proporción en el forraje disponible del experimento 2

Tratamiento	GPI-TF (%)	GPE-TF (%)	Hierbas (%)	RS (%)	Leguminosas (%)
60N	15,1	59,5	4,7 B b	11,3	2,0 A a
120N	13,2	54,6	10,6 A a	13,2	0,8 B b

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

El aumento de malezas de campo sucio descrito en párrafos anteriores citando a Ayala y Carábula (1994) no ocurrió en el caso de este experimento; sin embargo, si hubo un aumento de la categoría de hierbas al aumentar la dosis anual de nitrógeno. Esta categoría estuvo mayoritariamente explicada por las especies *Sida rhombifolia* y *Sida spinosa*. Se presume que altas dosis de fertilización nitrogenada promovieron un aumento de las especies anuales invernales que dejan el suelo descubierto en verano que favorece la infestación de este tipo de hierbas.

Además se aprecian diferencias significativas para las leguminosas encontrándose una mayor proporción de éstas en el tratamiento de 60N. Esto podría estar explicado por la fertilización fosfatada que presentan ambos tratamientos en una única dosis que promovería las leguminosas. Sin embargo, una mayor dosis de nitrógeno favorecería más a la fracción gramínea que va a tener un mejor desempeño en relación con la leguminosa. Esto se da porque el potencial de respuesta de la gramínea está dado por el aumento del número de macollos y por el tamaño de éstos, que rápidamente van a sombrear a las leguminosas generando competencia sobre las mismas (Rebuffo, 1994). Respuestas parecidas fueron encontradas por Bonansea (2016), pero sin encontrar diferencias significativas.

Otro punto que destacar es la buena proporción de especies GPI-TF durante el periodo experimental, el cual fue opuesto a su ciclo de crecimiento. Además, no se encontró un aumento de esta categoría por una mayor dosis nitrogenada, por lo que no sería redituable fertilizaciones mayores para el aumento de la proporción de dichas especies en el periodo estivo-otoñal.

En el cuadro No. 37 se puede apreciar que se obtuvieron diferencias significativas tanto en hierbas ($p=0,0118$) como en leguminosas ($p=0,0698$). Mientras que no se encontraron diferencias significativas en GPI-TF ($p=0,5944$),

GPE-TF ($p=0,3333$) y RS ($p=0,8379$) expresados en valores absolutos al efecto del tratamiento.

Cuadro No. 37. Efecto del tratamiento sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, restos secos y leguminosas en valores absolutos en el forraje disponible del experimento 2

Tratamiento	GPI-TF (kg/há)	GPE-TF (kg/há)	Hierbas (kg/há)	RS (kg/há)	Leguminosas (kg/há)
60N	407	1629	128 B b	298	49 A
120N	361	1469	273 A a	320	24 B

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Para este caso, el análisis es el mismo que para el cuadro No. 36, ya que los resultados en cuanto a las diferencias significativas de las variables a los tratamientos son iguales. Esto se basa fundamentalmente en que tampoco hubo diferencias significativas en el forraje disponible entre ambos tratamientos.

Por otro lado, hubo 5 grupos que se expresaron en baja proporción y que no presentaron diferencias significativas al efecto del tratamiento, ya sea expresados en proporción o en valores absolutos.

Estos grupos son las gramíneas anuales invernales tiernas/finas ($p=0,4516$ y $p=0,5312$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 0,7% o 20 kg/há, y un desvío estándar de 2,2% o 59 kg/há; gramíneas perennes invernales ordinarias/duras ($p=0,3358$ y $p=0,3183$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 0,1% o 2 kg/há, y un desvío estándar de 0,5% o 14 kg/há; gramíneas perennes estivales ordinarias/duras ($p=0,2764$ y $p=0,1726$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 3,1% o 85 kg/há, y un desvío estándar de 4,0% o 112 kg/há; cardos ($p=0,4911$ y $p=0,2454$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 1,3% o 30 kg/há, y un desvío estándar de 1,7% o 39 kg/há; y graminoides ($p=0,3935$ y $p=0,4121$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 2,0% o 61 kg/há, y un desvío estándar de 5,1% o 159 kg/há.

Es necesario acotar que las mayores diferencias en la composición botánica para el efecto tratamiento es esperable encontrarlas durante el invierno, ya que el aumento de la fertilización nitrogenada trae aparejado un aumento de especies anuales invernales tiernas finas. Por lo que, al haber realizado el experimento durante el periodo estivo-otoñal, es esperable que estas diferencias no se aprecien (Ayala y Carámbula, 1994).

4.3.2.2. Efecto de la estación sobre el disponible

En el cuadro No. 38 muestra que se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación a la cob SDyM ($p=0,0001$), y a la cob MCS ($p=0,0355$).

Cuadro No. 38. Efecto de la estación sobre el forraje disponible total, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible para el experimento 2

Estación	Disp (kg/há)	cob SD (%)	cob MCS (%)
Verano	2726 B b	4,9 A a	7,7 A a
Otoño	3388 A a	0,4 B b	3,6 B b

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Al igual que en el experimento 1, se aprecia una mayor proporción de cob SDyM en verano, frente al otoño. Esto es debido a que durante el otoño comienzan a germinar las especies anuales invernales que son altamente favorecidas cuando la disponibilidad de nitrógeno es buena, de esta manera, cuando llega el fin de su ciclo sobre fin de la primavera, dejan restos de materia orgánica en descomposición (mantillo) y posteriormente el suelo desnudo (Ayala y Carámbula, 1994). Por consiguiente, dichos espacios vacíos son colonizados por malezas de campo sucio, tal como sucedió en este caso.

Además, se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación en GAI-TF ($p=0,0075$), GPE-OD ($p=0,0372$) y cardos ($p=0,0925$) expresados en proporción en el forraje disponible del experimento 2. Mientras que en las variables GPI-TF ($p=0,3281$), GPE-TF ($p=0,8449$), hierbas ($p=0,1266$) y RS ($p=0,1400$) no se encontraron diferencias significativas (cuadro No. 39).

Cuadro No. 39. Efecto de la estación sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas, restos secos y cardos expresados en proporción para el forraje disponible del experimento 2

Estación	GAI-TF (%)	GPI-TF (%)	GPE-TF (%)	GPE-OD (%)	Hierbas (%)	RS (%)	Cardos (%)
Verano	0,0 B b	12,5	57,5	2,2 B b	6,1	15,8	1,6 A
Otoño	1,7 A a	15,7	56,6	4,5 A a	9,2	8,7	0,8 B

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Al analizar el efecto de la estación sobre los diferentes grupos de especies se aprecia diferencias significativas para las GAI-TF. Durante el verano

no se encontró estas gramíneas y si durante el otoño ya que es el momento en el que comienzan a germinar (Carámbula, 2007). También se encontró diferencias en las GPE-OD, que puede haber sido generado debido a que durante el verano estaban más apetecibles por el ganado, y en el fin del verano y durante el otoño al ser de baja calidad, no fueron preferidas por el ganado, generando selectividad y aumentando su proporción.

Del mismo modo, se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación en GAI-TF ($p=0,0059$), GPI-TF ($p=0,0568$), GPE-TF ($p=0,0704$), GPE-OD ($p=0,0076$), y hierbas ($p=0,0304$) expresados en valores absolutos en el forraje disponible del experimento 2. Mientras que en las variables RS ($p=0,5556$), y cardos ($p=0,2361$) no se encontraron diferencias significativas (cuadro No. 40).

Cuadro No. 40. Efecto de la estación sobre las gramíneas anuales invernales tiernas/finas, gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales ordinarias/duras, hierbas, restos secos y cardos expresados en valores absolutos para el forraje disponible del experimento 2

Est.	GAI-TF (kg/há)	GPI-TF (kg/há)	GPE-TF (kg/há)	GPE-OD (kg/há)	Hierbas (kg/há)	RS (kg/há)	Cardos (kg/há)
Ver.	0,2 B b	299 B	1395 B	55 B b	138 B b	340	36
Oto.	46,2 A a	469 A	1703 A	134 A a	263 A a	278	23

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Cuando se analizan las mismas variables expresadas en valores absolutos, aparecen diferencias significativas en 3 grupos más. Estas diferencias ocurren dado que también hay diferencias en el forraje disponible entre estaciones, llevando a que grupos que no son diferentes entre estaciones cuando se los presenta en proporción, pero si hay diferencias cuando se los presenta en valores absolutos.

Además, hubo 3 grupos que no presentaron diferencias significativas al efecto de la estación, ya sea expresados en proporción o en valores absolutos. Estos grupos son las gramíneas perennes invernales ordinarias/duras ($p=0,2180$ y $p=0,1900$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 0,1% o 2 kg/há, y un desvío estándar de 0,5% o 14 kg/há; graminoides ($p=0,6008$ y $p=0,6956$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 2,0% o 61 kg/há, y un desvío estándar de 5,1% o 159 kg/há; y leguminosas ($p=0,1537$ y $p=0,4556$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 1,6% o 39 kg/há, y un desvío estándar de 2,3% o 54 kg/há.

4.3.2.3. Efecto de la historia de la fertilización sobre el disponible

Como se puede ver en el cuadro No. 41, no se encontraron diferencias significativas en cob SDyM ($p=0,7282$), pero si se encontraron en cob MCS ($p=0,0887$).

Cuadro No. 41. Forraje disponible total, cobertura de suelo descubierto y mantillo en el disponible y cobertura de malezas de campo sucio en el disponible según la historia de fertilización en el experimento 2

	Disp (kg/há)	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
Sin h. pre.	3083	2,5	4,0 B
Con h. pre.	3031	2,8	7,2 A

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

La mayor infestación de malezas de campo sucio se puede explicar dado que el grupo con historia previa de fertilización tuvo más posibilidades de enmalezamiento; ya que año tras año, al comienzo del verano, se dan condiciones de mayor cob de suelo descubierto (por fin de ciclo de las anuales invernales promovidas con la fertilización), lugares que son ocupados por este tipo de especies las cuales son un su mayoría de ciclo estival.

Por otra parte, se obtuvieron diferencias significativas en GPE-TF ($p=0,0718$), hierbas ($p=0,0008$), graminoides ($p=0,0517$) y leguminosas ($p=0,0048$). Mientras que no se encontraron diferencias significativas en GPI-TF ($p=0,1932$) y RS ($p=0,7217$) expresados en proporción (cuadro No. 42).

Cuadro No. 42. Efecto de la historia de fertilización sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, graminoides y leguminosas en proporción en el forraje disponible del experimento 2

	GPI-TF (%)	GPE-TF (%)	Hierbas (%)	RS (%)	Graminoides (%)	Leguminosas (%)
Sin h. pre.	12,1	61,4 A	4,1 B b	13,1	3,2 A	0,6 B b
Con h. pre.	16,2	52,7 B	11,2 A a	11,4	0,7 B	2,3 A a

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Al igual que el caso de una mayor cobertura de malezas de campo sucio, es el caso de las hierbas, en donde en este caso estuvieron fuertemente representadas con las especies *Sida rhombifolia* y *Sida spinosa*, las cuales se convirtieron en una amenaza para los tratamientos que forman parte de este grupo, y debería ser algo que hay que prestar atención en sistemas con años de

uso sistemático de fertilización nitrogenada. Además hay que tener en cuenta que estas especies tienen poder alelopático, impidiendo la germinación y desarrollo de otras especies, colonizando el terreno de forma agresiva.

Además, pareciera también que la fertilización sistemática por nitrógeno y fósforo en el fin de otoño-invierno, “equilibra” la composición botánica de las gramíneas, disminuyendo la proporción de gramíneas estivales (en este caso de manera significativa), mientras que pareciera aumentar la proporción de gramíneas invernales. También provoca un aumento de las leguminosas nativas, aunque de manera muy tenue. En el mismo sentido Gallinal et al. (2016) encontraron resultados parecidos.

Por otra parte, hay que aclarar que las diferencias en el grupo de graminoides se dieron dado a que los bloques 1 y 2 presentaron una mayor proporción de éste, debido a las condiciones del terreno de dichos bloques.

Del mismo modo, se obtuvieron diferencias significativas en GPE-TF ($p=0,0798$), hierbas ($p=0,0008$), graminoides ($p=0,0433$) y leguminosas ($p=0,0084$). Mientras que no se encontraron diferencias significativas en GPI-TF ($p=0,1759$) y RS ($p=0,6242$) expresados en valores absolutos (cuadro No. 43).

Cuadro No. 43. Efecto de la historia de fertilización sobre las gramíneas perennes invernales tiernas/finas, gramíneas perennes estivales tiernas/finas, hierbas, restos secos, graminoides y leguminosas en valores absolutos en el forraje disponible del experimento 2

	GPI-TF (kg/há)	GPE-TF (kg/há)	Hierbas (kg/há)	RS (kg/há)	Gram. (kg/há)	Legum. (kg/há)
Sin h. pre.	326	1693 A a	103 B b	334	100 A a	17,8 B b
Con h. pre.	442	1405 B b	299 A a	284	19 B b	55,3 A a

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

En el mismo sentido que para el cuadro No. 42, el análisis para el cuadro No. 43 es el igual, ya que los resultados en cuanto a las diferencias significativas de las variables a ambos grupos son iguales. Esto se basa fundamentalmente en que tampoco hubo diferencias significativas en el forraje disponible entre ambos grupos.

Por otro lado, hubo 4 grupos que se expresaron en baja proporción y que no presentaron diferencias significativas al efecto de la historia de fertilización, ya sea expresados en proporción o en valores absolutos.

Estos grupos son las gramíneas anuales invernales tiernas/finas ($p=0,4455$ y $p=0,4437$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 0,7% o 20 kg/há, y un desvío estándar de 2,2% o 59 kg/há; gramíneas perennes invernales ordinarias/duras ($p=0,4149$ y $p=0,3921$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 0,1% o 2 kg/há, y un desvío estándar de 0,5% o 14 kg/há; gramíneas perennes estivales ordinarias/duras ($p=0,2260$ y $p=0,1963$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 3,1% o 85 kg/há, y un desvío estándar de 4,0% o 112 kg/há; y cardos ($p=0,1397$ y $p=0,1550$ en proporción y en valores absolutos respectivamente) con una media de 1,3% o 30 kg/há, y un desvío estándar de 1,7% o 39 kg/há.

4.3.2.4. Efecto del tratamiento sobre el remanente

En el cuadro No. 44 muestra que se encontró diferencias significativas al efecto del tratamiento en cob SDyM en el forraje remanente ($p=0,0724$), mientras que no se encontraron diferencias significativas en la cob MCS ($p=0,4712$).

Cuadro No. 44. Efecto del tratamiento sobre la cobertura de suelo descubierto y mantillo, y cobertura de malezas de campo sucio en el forraje remanente del experimento 2

Tratamiento	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
60N	5,3 B	3,3
120N	9,4 A	4,5

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

En este caso si ocurrió un aumento significativo de la cob SDyM por una mayor fertilización nitrogenada como se explicó en el caso del disponible, en donde se podrían esperar diferencias entre tratamientos pero éstas no fueron significativas.

Cuadro No. 45. Efecto del tratamiento sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 2 para todo el periodo experimental

Tratamiento	Rem (kg/há)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
60N	1508	1079	70,5	429	29,5
120N	1392	968	68,0	424	32,0

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Por otra parte, tampoco se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento en las variables de la composición botánica del forraje remanente como se aprecia en el cuadro No. 45, tanto expresadas en valores absolutos, verde ($p=0,3810$) y seco ($p=0,9397$); como tampoco expresadas en proporción al forraje remanente total, verde ($p=0,5248$) y seco ($p=0,4891$).

4.3.2.5. Efecto de la estación sobre el remanente

En el cuadro No. 46 se muestra que se encontró diferencias significativas al efecto de la estación en cob SDyM en el forraje remanente ($p=0,0027$), mientras que no se encontraron diferencias significativas en la cob MCS ($p=0,4556$).

Cuadro No. 46. Efecto de la estación sobre la cobertura de suelo descubierto y mantillo, y cobertura de malezas de campo sucio en el forraje remanente del experimento 2

Estación	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
Verano	10,9 A a	4,6
Otoño	3,8 B b	3,3

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Al igual que en el disponible, se aprecia una mayor proporción de cob SDyM en verano, frente al otoño. Por lo que el análisis es el mismo. Además, al igual que el experimento 1 se observa un aumento de éste entre el disponible y el remanente.

Mientras que no se encontraron diferencias significativas al efecto de la estación en verde expresado en valores absolutos ($p=0,3122$); como tampoco en verde expresados en proporción ($p=0,1463$), y seco expresados en proporción ($p=0,1494$) como se muestra en el cuadro No. 47. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en seco expresado en valores absolutos ($p=0,0147$).

Cuadro No. 47. Efecto de la estación sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 2

Estación	Rem (kg/há)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
Verano	1575 A a	1088	66,4	487 A a	33,6
Otoño	1325 B b	958	72,0	367 B b	28,0

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

4.3.2.6. Efecto de la historia de fertilización sobre el remanente

No se encontró diferencias significativas al efecto de la historia de fertilización ni en cob SDyM en el forraje remanente ($p=0,1901$), ni en la cob MCS ($p=0,5813$, cuadro No. 48).

Cuadro No. 48. Efecto de la historia de fertilización sobre la cobertura de suelo descubierto y mantillo, y cobertura de malezas de campo sucio en el forraje remanente del experimento 2

	cob SDyM (%)	cob MCS (%)
Sin historia previa	5,9	3,5
Con historia previa	8,8	4,4

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Por otra parte, se encontraron diferencias significativas al efecto de la historia de fertilización en verde ($p=0,0865$) expresado en valores absolutos; mientras que en seco ($p=0,2128$) expresado en valores absolutos, y verde ($p=0,7112$) y seco ($p=0,7539$) expresados en proporción no se encontraron diferencias significativas (cuadro No. 49).

Cuadro No. 49. Efecto de la historia de fertilización sobre el forraje remanente total, forraje remanente verde en valores absolutos y en proporción, y forraje remanente seco en valores absolutos y en proporción en el experimento 2 para todo el periodo experimental

	Rem (kg/há)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
Sin h. pre.	1584 A a	1128 A	69,6	456	30,4
Con h. pre.	1316 B b	918 B	68,4	398	31,6

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

4.3.3. Producción secundaria y oferta de forraje

A continuación, se presentarán los resultados sobre la producción secundaria en los distintos parámetros evaluados en el experimento 2. Se recuerda, que debido a un cambio de animales que se realiza el 16 de marzo (momento que coincide con el cambio de estación), se realiza el análisis por separado de los resultados según la estación.

4.3.3.1. Verano

Para el verano, no se encontraron diferencias significativas tanto en el efecto tratamiento como para el contraste de la historia de fertilización para casi

todas las variables de producción secundaria y oferta de forraje, a no ser para la GMD en el contraste de la historia de fertilización (cuadro No. 50).

Cuadro No. 50. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y la historia de la fertilización sobre las variables de la producción secundaria del experimento 2 en el verano

Variable	Efecto tratamiento	Contraste historia de fertilización
OF (%)	n/s	n/s
CI (kg/há)	n/s	n/s
CT (kg/há)	n/s	n/s
ND (UG/há/día)	n/s	n/s
GMD (kg/an./día)	n/s	*
G/há (kg/há)	n/s	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

En los siguientes cuadros se pasan a detallar los valores obtenidos de dichas variables para cada uno de los efectos.

En el cuadro No. 51 se puede observar los valores obtenidos mediante la comparación de medias. Los valores de p-valor para dichas variables fueron: OF ($p=0,9958$), CI ($p=0,8851$), CT ($p=0,8903$), ND ($p=0,6310$), GMD ($p=0,1115$) y G/há ($p=0,4482$).

Cuadro No. 51. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el verano en el experimento 2

Trat.	OF (%)	CI (kg/há)	CT (kg/há)	ND (UG/há/día)	GMD (kg/an./día)	G/há (kg/há)
60 N	6,6	3637	911	3,5	0,557	140
120 N	6,7	3702	925	3,8	0,680	153

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

La oferta de forraje final fue considerablemente por debajo del objetivo del experimento para dicha estación (10-12%). Se debió básicamente a un ajuste tardío en la oferta en el periodo experimental. De todas formas, esto repercutió de igual manera en ambos tratamientos, llevando a que no hubo diferencias significativas entre estos en dicha variable. Teniendo presente que no hubo diferencias en la disponibilidad promedio y la oferta de forraje, tampoco se encontraron diferencias en la carga animal.

Debido a que no hubo diferencias en la oferta de forraje y disponibilidad, éstas no repercutieron en diferencias en la GMD. Tampoco se encontraron diferencias en la calidad de la pastura entre los tratamientos, que pudiera afectar la ganancia individual.

La producción de carne por unidad de superficie (G/há) tampoco se vio afectada, y se explica debido a las similitudes en carga y ganancias individuales entre tratamientos.

En el cuadro No. 52 se puede observar que la OF no fue distinta significativamente entre ambos grupos ($p=0,2124$), sin embargo, pudo estar afectando la GMD ($p=0,0772$). Sollenberger y Vanzant (2011) sostienen que la principal determinante de la productividad animal es el consumo de forraje, el cual explica entre el 60 a 90% de la performance animal; sin embargo, entre el 10 a 40% restante es explicado por la concentración de nutrientes en el forraje consumido. De esta manera, la calidad de la dieta pudo haber sido diferentes entre los grupos, al haber una diferencia en la proporción y cantidad de gramíneas perennes estivales tiernas-finas a favor del grupo sin historia de fertilización nitrogenada, y a su vez éste presenta una menor proporción y cantidad de hierbas (principalmente explicado por *Sida rhombifolia*), lo que podría estar explicando una diferencia en la calidad nutritiva de la dieta y por consiguiente diferencias en la GMD.

Cuadro No. 52. Efecto la historia de fertilización sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el verano en el experimento 2

	OF (%)	CI (kg/há)	CT (kg/há)	ND (UG/há/d.)	GMD (kg/an./d.)	G/há (kg/há)
Sin h. pre.	7,0	3485	872	3,6	0,705 A	150
Con h. pre.	6,1	3855	964	3,6	0,532 B	142

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

Tampoco se encontraron diferencias significativas en CI ($p=0,4095$), CT ($p=0,4051$), ND ($p=0,9422$) y G/há ($p=0,5913$).

4.3.3.2. Otoño

En el cuadro No. 53 se puede observar como las variables de producción secundaria y la oferta de forraje no fueron afectadas por el tratamiento en el periodo otoñal, tal como sucedió en el periodo estival; sin embargo, se encuentran diferencias significativas al comparar el grupo con mayor edad de fertilización contra el de menor edad de fertilización nitrogenada.

Cuadro No. 53. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y la historia de la fertilización sobre las variables de la producción secundaria del experimento 2 en el otoño

Variable	Efecto tratamiento	Contraste historia de fertilización
OF (%)	n/s	n/s
CI (kg/há)	n/s	**
CT (kg/há)	n/s	**
ND (UG/há/día)	n/s	n/s
GMD (kg/an./día)	n/s	**
G/há (kg/há)	n/s	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,1; ** significativo al 0,05.

En el cuadro No. 54 se puede observar que los valores en las distintas variables fueron muy parecidos entre ambos tratamientos, sin determinar diferencias significativas en las GMD y G/há.

Cuadro No. 54. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el otoño en el experimento 2

Trat.	OF (%)	CI (kg/há)	CT (kg/há)	ND (UG/há/día)	GMD (kg/an./día)	G/há (kg/há)
60 N	7,0	3279	826	2,7	0,058	12
120 N	6,2	3287	827	2,9	0,024	6

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

No se encontraron diferencias significativas en OF ($p=0,4708$), CI ($p=0,9758$), CT ($p=0,9958$), ND ($p=0,4309$), GMD ($p=0,3734$) y G/há ($p=0,6062$).

En el cuadro No. 55 se observa que la mayor OF en el caso del grupo con historia previa de fertilización estuvo determinada por la mayor carga de ese grupo en relación con el otro. Esto trajo como consecuencia una menor GMD de los animales, pero que no fue suficiente para determinar diferencias significativas en la G/há.

No se encontraron diferencias significativas en OF ($p=0,1178$), ND ($p=0,2983$) y G/há ($p=0,3763$). Mientras que si se encontraron diferencias significativas en CI ($p=0,0133$), CT ($p=0,0287$) y GMD ($p=0,0469$).

Cuadro No. 55. Efecto de la historia de fertilización sobre la oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie para el otoño en el experimento 2

	OF (%)	CI (kg/há)	CT (kg/há)	ND (UG/há/d.)	GMD (kg/an./d.)	G/há (kg/há)
Sin h. pre.	7,4	2914 B b	740 B b	2,6	0,084 A a	19
Con h. pre.	5,7	3652 A a	913 A a	3,0	0,000 B b	0

Medias con letras mayúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,10$; mientras que medias con letras minúsculas diferentes son significativamente diferentes con $p < 0,05$.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

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

En el período de evaluación, se observaron diferencias significativas en las variables de producción primaria estudiadas. El tratamiento con mejoramiento de leguminosas en cobertura y adición de fósforo produjo mayor cantidad de forraje de manera significativa frente al resto de los tratamientos. Este tratamiento presentó un crecimiento 46% superior al testigo, alcanzando una tasa de crecimiento promedio superior a 30 kg/há de MS. En cuanto a los tratamientos nitrogenados con adición de fósforo, no fueron diferentes al testigo, y presentaron tasas de crecimiento promedio de un 9% superior a éste último.

Para agregar, el CNm presentó valores superiores en el total del forraje desaparecido, así como también en el forraje disponible promedio y altura del forraje disponible promedio a la entrada de los animales a la parcela, en relación con el resto de los tratamientos.

En cuanto a los contrastes ortogonales hubo variación en cuanto a los resultados del análisis en dichas variables. En el contraste 1, el cual compara el CN frente al promedio de los otros tres tratamientos, se pueden comprobar diferencias significativas en algunas de las variables estudiadas, tales como: ProdT MS, TC, Total Des, MSdes y Des, todas a favor del grupo que presenta algún tipo de intervención del campo natural.

El contraste 2, el cual compara la intervención del campo natural mediante el agregado de leguminosas frente al promedio de los tratamientos que presentan agregado de nitrógeno anual (a su vez ambos grupos presentan agregado de fósforo), fue donde se encontraron el mayor número de diferencias significativas en las variables estudiadas. En todos los casos hubo diferencias a favor del grupo con agregado de leguminosas, en donde se observó mayor ProdT MS, TC, Total MSdes y Total Des, pero también en Disp, AltD, MSdes y Des hubo

diferencias a favor de este grupo. En el contraste 3, no hubo diferencias significativas en las variables de producción primaria.

En cuanto a las estaciones, también se encontraron diferencias significativas en algunas variables de la producción primaria. La tasa de crecimiento de la pastura fue distinta entre estaciones. El verano presentó una tasa de crecimiento promedio de un 53% superior a la de otoño, sin embargo en cada pastoreo en el verano hubo disponibles menores, mientras que los remanentes fueron superiores al verano. Esto llevó a que el forraje desaparecido en cada pastoreo fue superior en el otoño frente al verano.

Cuando se analizó la interacción sobre la producción primaria, se observó diferencias significativas en la tasa de crecimiento y producción neta de MS. El CNm presentó tasas de crecimiento siempre superiores al resto de los tratamientos en cada estación, sin embargo solamente en el verano hubo diferencias significativas. Esto se debió al aporte diferencial de la fracción leguminosa en el tratamiento entre verano y otoño. La producción del CNm fue un 60 y 27% superior al testigo en verano y otoño respectivamente. Por otra parte, los tratamientos nitrogenados no se diferenciaron nunca del testigo en cada estación.

En cuanto a la composición botánica en el disponible, se observó que en todo el período el tratamiento mejorado con leguminosas presentó una alta proporción de las especies introducidas, en desmedro de una menor proporción de gramíneas estivales tiernas-finas, pero esta disminución no fue significativa en valores absolutos. Además el campo natural presentó una mayor proporción de gramíneas estivales ordinarias y duras. No hubo diferencias en la cobertura de suelo descubierto y mantillo o malezas de campo sucio entre tratamientos. El tratamiento mejorado, por ende, presentó mayor calidad ya sea frente al testigo o frente a los tratamientos nitrogenados.

En el contraste 1, se encontraron diferencias significativas en las GPE-TF y en las leguminosas (ambas en proporción y en valores absolutos). Dichas diferencias fueron a favor del grupo con intervención, pero en verdad estuvieron dadas por un efecto “palanca” del CNm, que llevó a que haya diferencias cuando se los comparó a los tratamientos como grupos.

En el contraste 2, se encontraron diferencias en la cob SDyM, en las hierbas (en proporción y valores absolutos), en las GPE-TF (en proporción) y en las leguminosas (en proporción y en valores absolutos). Los últimos 2 grupos son los mismos efectos analizados un par de párrafos atrás. Mientras que en la cob SDyM y hierbas, las diferencias fueron a favor del grupo con fertilización nitrogenada. Debidas a la promoción de especies anuales invernales, que dejan

el espacio vacío a fin de la primavera (mayor cob SDyM), que son colonizados por *Sida rhombifolia* y *Sida spinosa* (hierbas) durante el verano.

En el contraste 3 en la composición botánica en el disponible no se encontró ninguna diferencia significativa.

En cuanto a la estación, las principales diferencias encontradas fueron una mayor cobertura de suelo descubierto y mantillo, y también mayor cobertura de malezas de campo sucio del verano frente al otoño. Luego, se encontraron diferencias en la composición botánica de algunos grupos, pero solo cuando eran expresadas en valores absolutos a favor del otoño, las cuales se debieron a un mayor disponible de éste último frente al verano.

En la interacción tratamiento*estación se observó que la variable leguminosas fue significativa, tanto expresada como valor absoluto o en proporción. Esto se debió a la diferencia en la contribución de dicho grupo en el CNm entre el verano y otoño, en donde bajó un 48% en promedio en el paso del verano al otoño. No se encontró otro tipo de interacción de forma significativa.

En el remanente de la composición de forraje, no se encontraron diferencias significativas tanto al efecto del tratamiento, interacción, como tampoco a ninguno de los tres contrastes. Por otra parte, se observó diferencias significativas a favor del verano en la cob SDyM al efecto de la estación, al igual que en el caso del disponible.

En cuanto a la producción secundaria, se analizó de manera separada por estaciones. En el verano, se encontró efecto en la oferta de forraje; en donde estuvo por debajo del objetivo prefijado antes de arrancar el experimento en todos los tratamientos. El CNm fue el que presentó la mayor OF, seguido por el CN, y luego los tratamientos nitrogenados.

La OF de los distintos tratamientos, en conjunto con la buena calidad de forraje del CNm en relación con el resto de los tratamientos, llevó a que el desempeño individual de este experimento se destacara frente al resto, con ganancias superiores a los 0,920 kg/animal/día. Mientras que el CN (presentan una OF similar al CNm) presentó ganancias individuales de alrededor de 0,700 kg/animal/día. Los tratamientos nitrogenados presentaron una ganancia promedio de 0,640 kg/animal/día aproximadamente, explicada por una menor OF y menor calidad de forraje.

La carga de los tratamientos intervenidos fue más alta que el tratamiento testigo (sin posibilidad de análisis estadístico por falta de repeticiones), sin embargo los tratamientos nitrogenados su carga fue alta dado la baja OF que

presentaron. Esto llevó a que el desempeño por unidad de superficie (tampoco sin posibilidad de análisis estadístico) entre los tratamientos nitrogenados y el testigo no hubo grandes diferencias (promedio 146 kg/há en 106 días), mientras que el CNm presentó una ganancia de 198 kg/há de PV.

En el otoño, no se encontraron diferencias significativas a ninguna de las variables estudiadas. En donde la OF también estuvo por debajo por la objetivo (7% en promedio), en donde las ganancias fueron menores a el verano (0,105 kg/animal/día promedio) por más que no es posible las comparaciones entre estaciones, pero entre otras razones que hacen imposible la comparación, el otoño se caracterizó por un alto nivel de Des (60% frente a 37% en el verano). De esta manera en el otoño las ganancias por superficie fueron en promedio de 25 kg/há, sin grandes relaciones entre tratamientos.

En los contrastes de las variables de la producción secundaria, se vieron efectos básicamente en el contraste 2 en el verano, el cual compara la introducción de leguminosas frente a la incorporación de nitrógeno a favor de la introducción de leguminosas, mientras que no se encontraron otros efectos significativos en el resto de los contrastes en el verano o en el otoño.

De esta manera, se observó una clara superioridad en la producción de forraje, en la calidad del forraje y en el desempeño animal del tratamiento mejorado con leguminosas frente al resto de los tratamientos.

En el segundo trabajo, evaluado solamente 2 niveles de fertilización nitrogenada con una dosis única de fósforo pero con más repeticiones tampoco se encontraron efecto al tratamiento ni a la interacción en las variables relacionadas a la producción primaria

Mientras que los efectos de la estación son los mismos encontrados en el experimento 1.

En cuanto a el contraste por historia de fertilización se observó diferencias significativas en forraje desaparecidos (medido como Total Des, MSdes y Des) a favor del grupo con historia previa de fertilización, explicado mayoritariamente por un forraje remanente menor.

En la composición del forraje disponible se encontraron diferencias en la contribución de las hierbas (principalmente *Sida rhombifolia*) a favor del tratamiento con 120 unidades de nitrógeno anual; mientras que también se observaron diferencias mínimas a favor del 60 N en la categoría leguminosas. Sin efectos en la interacción

En cuanto al contraste, se observó una mayor cobertura de malezas de campo sucio y mayor contribución de *Sida rhombifolia* (hierbas) en el grupo con historia previa de fertilización, lo que podría ser un problema para el sostenibilidad de estos sistemas a futuro.

En cuanto a la producción secundaria, no se encontraron efecto significativos al efecto del tratamiento, sin embargo se observaron algunas diferencias significativas en el contraste. De esta manera , en el verano se observaron menores ganancias individuales en el grupo con historia previa de fertilización (0,532 vs. 0,702 kg/animal/día), seguramente dados en parte por una menor calidad de forraje. En el otoño también se observó una menor ganancia individual, en parte dado por una menor oferta (la cual de todas formas no fue significativa pero hubo una distancia de 1,5 puntos) y menor calidad de forraje.

5. CONCLUSIONES

La introducción de leguminosas permitió aumentar la producción de forraje verano-otoñal con respecto al campo natural y la fertilización nitrogenada. La fertilización nitrogenada no permitió un aumento de la producción de forraje del mismo periodo frente al testigo.

La introducción de leguminosas y la fertilización nitrogenada no permitió aumentar la calidad del forraje, dado que no permitieron aumentar de manera significativa la ganancia media diaria de los animales frente al testigo tanto en verano como en otoño.

La introducción de leguminosas logró un aumento de la calidad el forraje frente a la fertilización nitrogenada, y llevó a tener algunas diferencias significativas en las ganancias medias diarias en el verano.

Una mayor historia de fertilización otoño-invernal llevó a una disminución de las especies perennes estivales, pero no así en un aumento de la proporción de especies perennes invernales en el periodo estivo-otoñal. Por otro lado, hubo un aumento del área descubierta y cobertura de mantillo, en conjunto con un aumento de la cobertura de malezas y de las especies *Sida rhombifolia* y *Sida spinosa*.

6. RESUMEN

Los dos experimentos se llevaron a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, en parte del potrero No. 18, en un área de 10,3 hectáreas. La misma se ubica en el km 363 de la ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (latitud 32° 23' 58'' Sur y longitud 58° 02' 40'' Oeste; 61 msnm). El período de evaluación estuvo comprendido entre el 3 de diciembre de 2018 al 10 de junio de 2019, el cual fue dividido en dos estaciones: verano y otoño. El objetivo consistió en evaluar la respuesta productiva del campo natural sometido a la introducción de leguminosas o dos niveles de fertilización nitrogenada bajo pastoreo rotativo con ofertas de forraje *a priori* de entre 10-12% y 8-10% en verano y otoño respectivamente, en la producción de forraje, composición botánica y producción animal. El diseño experimental del experimento 1 fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en las que se evaluó: un testigo sin intervención (CN), un mejorado con leguminosas *Lotus tenuis* cv Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNm), y dos niveles de N, 60 (60 N) y 120 kg/há/año de N aplicados en otoño-invierno (120 N). Los tres tratamientos intervenidos son fertilizados anualmente con 40 kg/há/año de P₂O₅. Por otro lado, en otro estudio (experimento 2), también con un diseño experimental en bloques completos al azar con ocho repeticiones se evaluó: dos niveles de N, 60 (60 N) y 120 kg/há/año de N aplicados en otoño-invierno (120 N). Estos tratamientos también presentan una aplicación anual de 40 kg/há de P₂O₅. En este experimento a su vez se evaluó el efecto de la historia de fertilización. Las variables analizadas fueron: producción total de forraje, tasa de crecimiento, forraje desaparecido total en valores absolutos y proporción, forraje disponible, altura del forraje disponible, forraje remanente, altura del forraje remanente, forraje desaparecido luego de cada pastoreo en valores absolutos y proporción, composición botánica (con presencia de trece grupos botanales en proporción y valores absolutos, así como cobertura de suelo descubierto y mantillo, y cobertura de malezas de campo sucio), oferta de forraje, carga instantánea, carga total, número de dietas, ganancia media diaria por animal y ganancia por unidad de superficie. Los resultados obtenidos del experimento 1 en el análisis de la respuesta de la pastura mostraron que, se trató de un campo natural de buena producción, no mostrando diferencias respecto a los tratamientos nitrogenados, sin embargo, el CNm presentó tasas de crecimiento muy altas que se diferenciaron de las obtenidas por los otros tres tratamientos. Esto ocurrió de la misma manera con la disponibilidad de MS, altura del forraje disponible y forraje desaparecido. En cuanto a la composición botánica, el CNm presentó mayor proporción y cantidad de leguminosas respecto al resto de los tratamientos, mientras que presentó menor proporción de gramíneas perennes estivales tiernas-finas, sin diferencias en valores absolutos con los otros tratamientos. Por otro lado, el CN presentó mayor proporción y cantidad de gramíneas perennes estivales ordinario-duras que el resto de los

tratamientos. En cuanto a la ganancia media diaria se encontraron diferencias significativas en el verano entre el CNm y 60 N, a favor del primero, aunque las diferencias entre el CNm con el resto de los tratamientos fueron de al menos 0,2 kg/animal/día, esto ocurrió en parte por una oferta de forraje más adecuada y una dieta de mayor calidad; mientras que en el otoño no se encontraron diferencias significativas. En el experimento 2 no se encontraron diferencias significativas en el efecto del tratamiento en las variables de producción primaria y producción secundaria, mientras que en la composición botánica se encontraron diferencias en el porcentaje y cantidad de hierbas a favor del 120 N. En cuanto a la historia de fertilización se encontraron diferencias significativas en el total de la materia seca desaparecida en porcentaje, en la materia seca desaparecida promedio luego de cada pastoreo en proporción y porcentaje a favor del grupo con mayor historia de fertilización nitrogenada. En la composición botánica también se encontraron diferencias significativas a favor del grupo con mayor historia de fertilización en la cobertura de malezas de campo sucio y en las hierbas, mientras que las gramíneas perennes estivales tiernas-finas fue menor. En la producción secundaria, se observó diferencias significativas en la ganancia media diaria de los animales en verano a favor del grupo con menor historia de fertilización, mientras que en el resto de las variables en el verano y en el otoño no se encontraron diferencias significativas a éste efecto.

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

7. SUMMARY

The two experiments were conducted at the Mario A. Cassinoni Experimental Station of the Faculty of Agronomy, partly from the pasture No. 18, in an area of 10,3 hectares. It is located at km 363 of the General Artigas route, department of Paysandú, Uruguay (32° 23' 58' South latitude and 58° 02' 40' West longitude; 61 m.a.s.l.). The evaluation period ranged from December 3rd, 2018 to June 10th, 2019, which was divided into two seasons: summer and autumn. The objective was to evaluate the productive response of the natural field subjected to the introduction of legumes or two levels of nitrogen fertilization under rotary grazing with herbage allowance *a priori* between 10-12% and 8-10% in summer and autumn respectively, in the production of fodder, botanical composition and animal production. The experimental design of Experiment 1 consisted of completed randomized blocks with four repetitions in which it was evaluated: a controller without intervention (CN), an improved with legumes *Lotus tenuis* cv Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNm), and two levels of N, 60 (60 N) and 120 kg/ha/year of N applied in autumn-winter (120 N). The three intervened treatments are fertilized annually with 40 kg/ha/year of P₂O₅. On the other hand, in another study (experiment 2), also with an experimental design in completed randomized blocks with eight repetitions was evaluated: two levels of N, 60 (60 N) and 120 kg/ha/year of N applied in autumn-winter (120 N). These treatments also have an annual application of 40 kg/ha of P₂O₅. This experiment in turn assessed the effect of the fertilization history. The variables analysed were: total forage production, growth rate, total missing fodder in absolute values and proportion, available fodder, available forage height, remaining fodder, height of remaining forage, forage disappeared after each grazing in absolute values and proportion, botanical composition (with presence of thirteen botanical groups in proportion and absolute values, as well as coverage of bare soil and mulch, and coverage of dirty field weeds), offering forage, instant loading, total load, number of diets, average daily gain per animal. The results obtained from Experiment 1 in the analysis of the pasture response showed that, it was a natural field of good production, showing no differences from nitrogenous treatments, however, CNm had very high growth rates that differed from those obtained by the other three treatments. This happened in the same way with MS availability, available forage height and missing fodder. In terms of botanical composition, CNm had a higher proportion and quantity of legumes compared to the rest of the treatments, while it had a lower proportion of tender-fine perennial grasses, without differences in absolute values with the other treatments. On the other hand, the CN had a higher proportion and quantity of ordinary-hard summer perennial grasses than the rest of the treatments. As for the average daily gain significant differences were found in the summer between CNm and 60 N, in favor of the first, although the differences between the CNm with the rest of the treatments were at least 0,2 kg/animal/day, this occurred in part by a more suitable forage offer and a higher

quality diet; while no significant differences were found in the fall. Experiment 2 found no significant differences in the effect of treatment on primary production and secondary production variables, while in the botanical composition there were differences in the percentage and quantity of herbs in favor of 120 N. As for the history of fertilization, significant differences were found in the total of the dried matter missing in percentage, in the average disappeared dry matter after each grazing in proportion and percentage in favor of the group with the highest history of nitrogen fertilization. Significant differences were also found in the botanical composition in favor of the group with a greater history of fertilization in the coverage of dirty field weeds and in herbs, while tender-fine summer perennial grasses were lower. In secondary production, significant differences in the average daily gain of animals in summer were observed in favor of the group with a lower history of fertilization, while in the rest of the variables in the summer and autumn no significant differences were found for this effect.

Keywords: Natural field; Legumes; Nitrogen; Phosphorus; Summer; Autumn.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, E. 2018. Evolución reciente de la productividad ganadera en Uruguay (2010-17). Metodología y primeros resultados. Anuario OPYPA 2018:457-470.
2. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
3. Anfuso, V.; Caram, N.; Casalás, F. 2016. Efecto de la fertilización y mejoramiento del campo natural sobre el comportamiento en pastoreo de novillos Holando. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 97 p.
4. Arce, M.; Fernández, P.; Ricceto, S. 2013. Respuesta estival de *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Pennisetum purpureum* cv Mott al riego suplementario. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 97 p.
5. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
6. _____.; _____. 1995. Evaluación productiva de mejoramientos extensivos sobre suelos de Lomadas en la Región Este. In: Ayala, W.; Carámbula, M.; Scaglia, G. eds. Mejoramientos extensivos: manejo y utilización. Montevideo, INIA. pp. 26-35.
7. Belora, F.; Puis, F. M. Zerbino, J. A. 2017. Respuesta productiva de un campo natural sometido a niveles de fertilización nitrogenada y mejoramientos con leguminosas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 95 p.
8. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).

9. _____.; Berreta, E. J.; Brito, G. 1998. Respuesta a la fertilización nitrogenada en campo natural en basalto profundo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119 - 122 (Serie Técnica no. 94).
10. Berg, W.; Sims, P. 1995. Nitrogen fertilizer use efficiency in steer gain on old world bluestems. *Journal of Range Management*. 48:461- 469.
11. Berreta, E. J. 1996. Campo natural; valor nutritivo y manejo. In: Risso, D. F.; Berreta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113 - 124 (Serie Técnica no. 80).
12. _____. 1998. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 91-97 (Serie Técnica no. 102).
13. _____.; Cuadro, R.; Risso, D. F.; Zarza, A. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para el engorde de novillos en la región de cristalino. In: Montossi, F.; Risso, D. F. eds. Mejoramientos de campo en la región de cristalino. Montevideo, INIA. pp. 3-31 (Serie Técnica no. 129).
14. Boggiano, P. 2003. Informe de consultoría: subcomponente manejo integrado de pradera. Proyecto combinado GEF/IBRD. Manejo integrado de ecosistemas y recursos naturales en Uruguay. Componente Manejo y conservación de la diversidad biológica. (en línea). Montevideo, MGAP. 72 p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://es.calameo.com/read/004233671ecd6b2fc8621>
15. _____.; Berreta, E.; Cadenazzi, M.; Noell, S. 2004. Respuesta poblacional de *Poa lanígera* Nees a la fertilización del campo natural de basalto. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campo (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 264-265.

16. _____.; Cadenazzi, M.; Zanoniani, R. 2012. Respuesta poblacional invernal de dos gramíneas nativas a la fertilización nitrogenada y oferta de forraje. *Agrociencia (Uruguay)*. 16(2):103-109.
17. Bonansea, S. 2018. Estudio del efecto de niveles de intervención del campo natural sobre la producción y composición botánica. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 103 p.
18. Bossi, J. 1969. Carta geológica del Uruguay a escala 1/100.000 prefacio. Facultad de Agronomía (Montevideo). *Boletín de Investigación* no. 1. 40 p.
19. Campbell, A. G. 1966. The dynamics of grazed mesophytic pastures. *In: International Grassland Congress (10th., 1966, Helsinki, Finland). Proceedings.* Helsinki, s.e. pp. 644 - 650.
20. Caram, N.; Casalás, F.; García, J.; Zanoniani, R.; Duhalde, M.; Silveira, M.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Respuesta en producción de forraje a mejoramiento y fertilización de campo natural. *In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos (24ª., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados.* Tacuarembó, INIA. pp. 59 - 61.
21. Carámbula, M.; Ayala, W.; Carriquiry, E.; Bermúdez, R. 1994. Siembra de mejoramientos en cobertura. Montevideo, INIA. 20 p. (*Boletín de Divulgación* no. 46).
22. _____. 2007. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
23. Carriquiry, E.; Ayala, W.; Carámbula, M. 1998. Estudios en implantación de mejoramientos extensivos. *In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14ª., 1998, Salto). Trabajos presentados.* Montevideo, INIA. pp. 39 - 44 (*Serie Técnica* no. 94).
24. Casalás, F.; Caram, N.; García, J.; Zanoniani, R.; Duhalde, M.; Silveira, M.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Respuesta en desempeño animal al mejoramiento y fertilización de Campo Natural. *In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo*

Campos (24^a, 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 131- 133.

25. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, N.; Furest, J.; Aunchayna, R.; Bidegain, M. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Montevideo, INIA. 40 p. (Serie Técnica no. 193).
26. Cejas Pena, V. 2016. Caracterización de la composición botánica de un campo natural bajo diferentes alternativas de intervención. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
27. Díaz Lago, J.; García, J. A.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).
28. Formoso, F. 1994. Efecto de la dosis y momento de aplicación de nitrógeno sobre la producción de semilla de Festuca Tacuabe, Falaris Urunday y Dactylis Oberon. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 19 - 26 (Serie Técnica no. 51).
29. _____; Gómez Miller, R.; Jaurena, M.; Rebuffo, M. 2013. Campo natural: patrimonio del país y fundamento de la estabilidad productiva de la ganadería. Revista INIA. no. 32:31-35.
30. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. Revista Argentina de Producción Animal. 16(2):119-142.
31. Gallinal, J. M.; García Pintos, R.; García Pintos, F. 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. 134 p.
32. García Petillo, M. 2012. Conceptos básicos para el manejo y diseño de riego. In: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (2^o, 2012, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 23 - 32.
33. Garín, D.; Machado, A.; Rinaldi, C. 1993. Performance de novillos holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural

con *Lotus corniculatus* en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 59 p.

34. Gomes, L. H. 2000. Productividade de un campo native melhorado submetido a adubacao nitrogenada. Teses Maestria en Zootecnia. Porto Alegre, RS. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 128 p.
35. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. Measurement of continuously grazed pastures. In: Cayley, J. W. D.; Bird, P. R. eds. Techniques for measuring pastures. Victoria, Australia, s.e. pp. 13 - 20.
36. Hernández, J. 2013. Fósforo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 89 p.
37. Larratea, F.; Souto, J. P. 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. 121 p.
38. MAP. CONEAT (Ministerio de Agricultura y Pesca. Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra, UY). 1979. Índices de productividad grupos CONEAT. Montevideo. 167 p.
39. Maraschin, E. G. 1993. Experiências de avaliação de pastagens com bovinos de corte no Brasil. In: Puignau, J. P. ed. Metodología de evaluación de pasturas. Montevideo, Uruguay, IICA. pp. 127 - 146.
40. Martins, C. E. N.; Quadros, F. L. F. 2004. BOTANAL: desenvolvimento de uma planilha eletrônica para avaliação de disponibilidade de matéria seca e composição florística de pastagens. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical Grupo Campos (20^a, 2004, Salto). Memorias. Salto, FAO/Grupo Campos. pp. 229 - 231.
41. Medero, B.; Fillat, A.; Navarro, G. 1957. Ensayo de competencia entre leguminosas aparentes para el mejoramiento de las pasturas naturales. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos. 30(103):24-37.

42. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario 2017. Montevideo. 211 p.
43. _____. SNIG (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Sistema Nacional de Información Ganadera, UY). 2019. Datos preliminares basados en la Declaración Jurada de Existencias DICOSE – SNIG 2019 (en línea). Montevideo. s.p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojOTTE1OTEzZTItZmM4OC00ZGJlLWUwZGQ0ZDViMWM0YzBmN2lziwiidCI6IjNlY2RjZTkxLWUwOTctNDdjYy1iMWUzLWJiOWIzNjExNGI1NSIsImMiOiR9>
44. Mieres, J. M.; Assandri, L.; Cúneo, M. 2004. Tablas de valor nutritivo de alimentos. *In*: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 13-68 (Serie Técnica no. 142).
45. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, FUCREA. 199 p.
46. Molfino, J. H. 2009. Estimación del agua potencialmente disponible en los grupos CONEAT. Montevideo, MGAP. DGRNR. 15 p.
47. Morón, A. 1996. Ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51).
48. Mott, G. O.; Lucas, H. L. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. *In*: International Grassland Congress (6th., 1952, s.l.). Proceedings. s.n.t. pp. 1380-1385.
49. Nabinger, C.; Dallagnol, M. E.; De Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e produtividade em pastagens. *In*: Nabinger, C., ed. Manejo conservacionista de pastagens: um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, FEALQ. pp. 87-138.
50. Pallares, O. R.; Pizzio, R. M. 1998. Introducción de especies para el mejoramiento de campo natural en el Sur de Corrientes-Argentina. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área

Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^{a.}, 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 31 - 38 (Serie Técnica no. 94).

51. Peirano, M. E.; Rodríguez, A. D. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el periodo otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 145 p.
52. Perdomo, C.; Barbazán, M. 1999. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 69 p.
53. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 27 - 32 (Serie Técnica no. 51).
54. Risso, D. F. 1998. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^{a.}, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 23 - 30 (Serie Técnica no. 94).
55. Rodríguez Palma, R.; Andion, J.; Vergnes, P. 2004. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto. 2. Producción animal. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campo (20^{o.}, 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, s.e. pp. 318 – 319.
56. _____. 2017. El campo natural: recurso para intensificar la ganadería del basalto. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos (24^{a.}, 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 57-59.
57. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. División Publicaciones y Ediciones. 86 p.
58. Soares, A.; Semmelmann, C.; Kuhn Da Trindade, C.; Guerra, E.; De Freitas, T.; Frizzo, A.; De Faccio, C.; Nabinger, C.; Pinto, C.; Fontoura, J. 2005. Produção animal e de forragem em pastagem

nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciência Rural*. 35(5):1148-1154.

59. Sollenberger, L. E.; Vanzant, E. S. 2011. Interrelationships among Forage Nutritive Value and Quantity and Individual Animal Performance. *Crop Science*. 51:420-432.
60. Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. *Publications in Climatology*. 10(3):185-310.
61. Tothill, J. C.; Hargreaves, J. N. G.; Jones, R. N.; McDonald, C. K. 1992. Botanal; measuring the botanical composition of grazed pastures. St. Lucia, Brisbane, Queensland, Australia, CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. 24 p.
62. Zanoniani, R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
63. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. *Agrociencia (Uruguay)*. 15(1):115-124.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Balance hídrico calculado para 86 mm de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo cada 10 días

Localidad: Paysandú

Año: 2018-2019

Lámina: 86 mm

Suelo: Brunosol Éutrico Típico

Fecha	Precip. (mm)	ETP (mm)	kc	ETC (mm)	P. - ETC (mm)	Alm. (mm)	Var. Alm. (mm)	ETR (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
31/8/2018						86,0				
01-10/09	16,6	28,0	0,9	25,2	-8,6	77,8	-8,2	24,8	0,4	0,0
11-20/09	21,8	25,9	0,9	23,3	-1,5	76,5	-1,3	23,1	0,2	0,0
21-30/09	57	25,2	0,9	22,7	34,3	86,0	9,5	22,7	0,0	24,8
01-10/10	8,4	39,4	0,9	35,4	-27,0	62,8	-23,2	31,6	3,8	0,0
11-20/10	23,2	39,0	0,9	35,1	-11,9	54,7	-8,1	31,3	3,8	0,0
21-31/10	8,4	43,7	0,9	39,3	-30,9	38,2	-16,5	24,9	14,4	0,0
01-10/11	0	55,7	0,9	50,1	-50,1	21,3	-16,9	16,9	33,3	0,0
11-20/11	101,6	41,1	0,9	37,0	64,6	85,9	64,6	37,0	0,0	0,0
21-30/11	3,2	41,9	0,9	37,7	-34,5	57,5	-28,4	31,6	6,1	0,0
01-10/12	1	61,0	0,9	54,9	-53,9	30,7	-26,8	27,8	27,1	0,0
11-20/12	223	27,7	0,9	24,9	198,1	86,0	55,3	24,9	0,0	142,8
21-31/12	13,2	58,8	0,9	52,9	-39,7	54,2	-31,8	45,0	7,9	0,0
01-10/01	231,6	34,9	0,9	31,4	200,2	86,0	31,8	31,4	0,0	168,4
11-20/01	164,2	35,4	0,9	31,8	132,4	86,0	0,0	31,8	0,0	132,4
21-31/01	100,8	42,4	0,9	38,1	62,7	86,0	0,0	38,1	0,0	62,7
01-10/02	2,8	48,9	0,9	44,0	-41,2	53,2	-32,8	35,6	8,5	0,0
11-20/02	9,4	47,3	0,9	42,5	-33,1	36,2	-17,0	26,4	16,1	0,0
21-28/02	92,4	30,7	0,9	27,6	64,8	86,0	49,8	27,6	0,0	15,0
01-10/03	19,6	39,8	0,9	35,8	-16,2	71,2	-14,8	34,4	1,4	0,0
11-20/03	48,4	21,1	0,9	19,0	29,4	86,0	14,8	19,0	0,0	14,6

21-31/03	1	38,4	0,9	34,6	-33,6	58,2	-27,8	28,8	5,8	0,0
01-10/04	4,4	33,6	0,9	30,2	-25,8	43,1	-15,1	19,5	10,7	0,0
11-20/04	19,2	25,7	0,9	23,1	-3,9	41,2	-1,9	21,1	2,0	0,0
21-30/04	43,8	16,4	0,9	14,8	29,0	70,2	29,0	14,8	0,0	0,0
01-10/05	85,2	16,8	0,9	15,2	70,0	86,0	15,8	15,2	0,0	54,3
11-20/05	12,6	19,5	0,9	17,6	-5,0	81,2	-4,8	17,4	0,1	0,0
21-31/05	1,8	14,0	0,9	12,6	-10,8	71,6	-9,6	11,4	1,2	0,0
01-10/06	7,6	19,3	0,9	17,3	-9,7	64,0	-7,7	15,3	2,1	0,0
11-20/06	186,4	8,6	0,9	7,7	178,7	86,0	22,0	7,7	0,0	156,6
21-30/06	8,4	12,9	0,9	11,6	-3,2	82,9	-3,1	11,5	0,1	0,0

Anexo No. 2. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria total en el experimento 1

		ProdT MS	TC	Total MSdes	Total Des
CV (%)		18,06	16,98	41,22	20,70
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados			
Modelo	10	27114929,14	1983,10	18039295,56	6888,86
Tratamiento	3	4389297,24	444,24	7741599,34	872,63
Estación	1	15865485,33	870,49	882788,28	4957,59
Bloque	3	4784581,37	488,22	6403737,34	852,06
Trat.*estación	3	2075565,21	180,15	3011170,59	206,58
Error	21	3924155,03	374,25	21480464,41	2175,89
Total	31	31039084,17	2357,36	39519759,97	9064,75

Anexo No. 3. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de producción primaria total en el experimento 1

		ProdT MS	TC	Total MSdes	Total Des
Efecto tratamiento	p-valor	0,0011	0,0008	0,0854	0,0749
	DMS 5%	1205	5,88	2820	14,19
	DMS 10%	1246	5,15	2467	12,42
	τ_{CN}	4076 B b	21,2 B b	4136 B	43,3 B
	τ_{CNm}	6024 A a	31,1 A a	6576 A	57,4 A
	$\tau_{60 N}$	4626 B b	24,2 B b	4664 B	49,5 AB
	$\tau_{120 N}$	4424 B b	23,1 B b	4250 B	46,4 AB
Efecto estación	p-valor	<0,0001	<0,0001	0,3634	0,0450
	DMS 5%	317,83	3,10	743,62	7,48
	DMS 10%	262,99	2,57	615,29	6,19
	γ_{verano}	3098 A a	30,1 A a	2287	36,7 B b
	$\gamma_{\text{otoño}}$	1689 B b	19,6 B b	2620	61,6 A a
Efecto tratamiento* estación	p-valor	0,0278	0,0378	0,4205	0,5506
	DMS 5%	1025,25	10,01	2398,72	24,14
	DMS 10%	919,56	8,98	2151,45	21,65
	$t\gamma_{CN^*verano}$	2600 BCD bcd	25,3 BC bc	1492	26,7 D c
	$t\gamma_{CNm^*verano}$	4155 A a	40,4 A a	3577	46,4 BCD abc
	$t\gamma_{60 N^*verano}$	2902 B b	28,2 B b	2129	37,5 CD bc
	$t\gamma_{120 N^*verano}$	2734 BC bc	26,5 B b	1951	36,4 CD bc
	$t\gamma_{CN^*otoño}$	1476 E e	17,1 C c	2645	60,0 AB ab
	$t\gamma_{CNm^*otoño}$	1869 CDE cde	21,8 BC bc	3000	68,3 A a
	$t\gamma_{60 N^*otoño}$	1724 DE cde	20,1 BC bc	2535	61,6 AB a
$t\gamma_{120 N^*otoño}$	1690 DE de	19,7 BC bc	2300	56,5 ABC ab	

Anexo No. 4. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción primaria total del experimento 1

	g.l.		ProdT MS	TC	Total MSdes	Total Des
Contraste 1	1	S.C.	1350830,33	143,82	1581232,34	363,87
		p-valor	0,0138	0,0098	0,2274	0,0749
		Diferencia	-949	-4,90	-1026	-7,79
Contraste 2	1	S.C.	2997450,54	296,01	5989707,00	470,63
		p-valor	0,0006	0,0005	0,0247	0,0450
		Diferencia	1498	7,45	2119	9,39
Contraste 3	1	S.C.	41016,38	4,41	170569,00	38,13
		p-valor	0,6442	0,6240	0,6871	0,5506
		Diferencia	202	1,05	413	3,09
Total	3	S.C.	4389297,24	444,24	7741599,34	872,63

Anexo No. 5. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria promedio en el experimento 1

		Disp	AltD	Rem	AltR	MSdes	Des
CV (%)		16,8	27,66	26,16	27,72	26,13	22,48
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados					
Modelo	10	23888242,83	410,33	7402892,12	139,20	22771432,11	10242,89
Tratamiento	3	4699210,05	185,61	401878,99	20,20	3829470,10	1220,0
Estación	1	4271835,01	23,80	2111804,95	34,79	12390733,26	6516,23
Bloque	3	11622925,68	39,54	4710303,98	78,03	5934463,49	2887,44
Trat.*estación	3	1714860,72	91,18	486170,01	10,10	918125,88	278,44
Error	41	12140076,61	773,91	8438838,80	341,20	6381812,84	4151,50
Total	51	36028319,44	1184,25	15841730,93	480,40	29153244,96	14394,39

Anexo No. 6. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de producción primaria promedio en el experimento 1

		Disp	AltD	Rem	AltR	MSdes	Des
Efecto tratamiento	p-valor	0,0035	0,0304	0,5870	0,4961	0,0002	0,0135
	DMS 5%	571,49	4,56	476,48	3,03	414,35	10,57
	DMS 10%	504,94	4,03	420,99	2,68	366,10	9,34
	τ_{CN}	3250 B b	15,7 AB ab	1786	11,0	1463 B b	42,5 B b
	τ_{CNm}	3837 A a	19,2 A a	1711	10,5	2126 A a	56,0 A a
	$\tau_{60 N}$	3131 B b	14,6 B b	1553	9,5	1578 B b	48,7 AB ab
	$\tau_{120 N}$	3048 B b	14,4 B b	1609	9,5	1440 B b	45,8 B ab
Efecto estación	p-valor	0,0005	0,2680	0,0026	0,0473	<0,0001	<0,0001
	DMS 5%	313,24	2,50	261,16	1,66	227,11	5,79
	DMS 10%	261,03	2,08	217,63	1,38	189,25	4,83
	γ_{verano}	3018 B b	15,2	1874 A a	11,0 A a	1144 B b	36,6 B b
	$\gamma_{\text{otoño}}$	3615 A a	16,6	1455 B b	9,3 B b	2160 A a	59,9 A a
Efecto tratamiento* estación	p-valor	0,1397	0,2018	0,5079	0,7505	0,1341	0,4413
	DMS 5%	990,31	7,91	825,66	5,25	718,01	18,31
	DMS 10%	898,12	7,17	748,80	4,76	651,17	16,61
	$t\gamma_{CN^*verano}$	2769 B bc	13,8 AB	2023	11,7	746 C b	27,0 D d
	$t\gamma_{CNm^*verano}$	3850 A a	20,9 A	2061	12,1	1788 B a	46,3 BC bc
	$t\gamma_{60 N^*verano}$	2793 B bc	13,1 B	1729	10,1	1065 C b	36,9 CD cd
	$t\gamma_{120 N^*verano}$	2660 B c	13,2 B	1685	10,0	976 C b	36,2 CD cd
	$t\gamma_{CN^*otoño}$	3730 A ab	17,2 AB	1550	10,3	2180 AB a	58,0 AB ab
	$t\gamma_{CNm^*otoño}$	3825 A a	17,6 AB	1360	8,4	2464 A a	65,6 A a
	$t\gamma_{60 N^*otoño}$	3468 AB abc	16,2 AB	1376	9,1	2092 AB a	60,4 AB ab
$t\gamma_{120 N^*otoño}$	3437 AB abc	15,6 AB	1533	8,8	1904 AB a	55,5 AB ab	

Anexo No. 7. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción primaria promedio del experimento 1

	g.l.		Disp	AltD	Rem	AltR	MSdes	Des
Contraste 1	1	S.C.	73485,71	3,66	243623,77	12,91	584608,50	545,34
		p-valor	0,6210	0,6621	0,2830	0,2201	0,0595	0,0254
		Diferencia	-89,22	-0,63	162,46	1,18	-251,66	-7,69
Contraste 2	1	S.C.	4583976,69	181,64	138862,74	7,27	3126883,45	625,34
		p-valor	0,0003	0,0035	0,4162	0,3555	0,0001	0,0171
		Diferencia	747,44	4,71	130,09	0,94	617,32	8,73
Contraste 3	1	S.C.	41747,65	0,32	19392,48	0,02	117978,14	49,37
		p-valor	0,0035	0,8973	0,7604	0,9574	0,3890	0,4889
		Diferencia	82,36	0,23	-56,14	-0,06	138,46	2,83
Total	3	S.C.	4699210,05	185,61	401878,99	20,20	3829470,10	1220,05

Anexo No. 8. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de la composición botánica del disponible en proporción del experimento 1

	cob. SDyM	cob. MCS	GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.	
CV (%)	117	107	432	91	384	31	78	104	104	150	237	107	
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados											
Modelo	10	206,4	411	21,7	1568	0,4	4925	530,1	124,8	1864	21,2	391,5	15221
Trat.	3	24,2	38,4	4,9	529,0	0,1	2987	306,5	55,8	107	4,8	117,6	10308
Est.	1	127,3	115	6,9	7,7	0,1	83,4	9,5	16,5	162	0,2	10,8	279
Bloque	3	21,8	167	4,8	731,1	0,3	890,8	135,6	28,1	567	15,4	237,4	1090
Trat.*est.	3	18,6	70,6	4,9	141,1	0,3	474,3	43,5	9,9	770	1,1	8,0	1161
Error	41	265,6	971	81,7	4096	1,9	12171	574,2	304,3	6737	47,6	901,5	4480
Total	51	472,0	1382	103,4	5665	2,3	17096	1104	429,1	8602	68,8	1293	19701

Anexo No. 9. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de composición botánica del disponible del experimento 1 expresados en proporción

		cob. SDyM	cob. MCS
Ef. tratamiento	p-valor	0,3051	0,6573
	DMS _{5%}	2,67	5,11
	DMS _{10%}	2,36	4,52
	τ_{CN}	1,5	4,7
	τ_{CNm}	0,8	4,2
	$\tau_{60 N}$	2,2	2,7
	$\tau_{120 N}$	2,7	5,1
Ef. estación	p-valor	0,0001	0,0334
	DMS _{5%}	1,47	2,80
	DMS _{10%}	1,22	2,33
	γ_{verano}	3,4 A a	5,7 A a
	$\gamma_{\text{otoño}}$	0,2 B b	2,6 B b
Ef. tratamiento* estación	p-valor	0,4227	0,4056
	DMS _{5%}	4,63	8,86
	DMS _{10%}	4,20	8,03
	$t\gamma_{CN^*ver.}$	2,8 ABC ab	6,5
	$t\gamma_{CNm^*ver.}$	1,6 ABC ab	4,2
	$t\gamma_{60 N^*ver.}$	4,3 AB ab	3,8
	$t\gamma_{120 N^*ver.}$	4,9 A a	8,4
	$t\gamma_{CN^*ot.}$	0,1 C b	2,8
	$t\gamma_{CNm^*ot.}$	0,1 C b	4,3
	$t\gamma_{60 N^*ot.}$	0,0 C b	1,7
$t\gamma_{120 N^*ot.}$	0,5 BC ab	1,8	

		GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
Ef. trat.	p-valor	0,492	0,169	0,640	0,028	0,0005	0,072	0,884	0,261	0,166	<0,0001
	DMS _{5%}	1,48	10,50	0,22	18,10	3,93	2,86	13,46	1,13	4,92	10,98
	DMS _{10%}	1,31	9,28	0,20	15,99	3,47	2,53	11,90	1,00	4,35	9,70
	τ _{CN}	0,2	14,4	0,1	60,6 A ab	9,1 A a	2,0 AB	11,1	0,6	0,9	1,0 B b
	τ _{CNm}	0,1	5,6	0,0	43,5 B b	2,3 B b	1,0 B	11,5	0,4	0,5	34,4 A a
	τ _{60 N}	0,3	12,6	0,1	61,9 A a	5,1 B b	3,8 AB	12,2	1,2	1,6	1,2 B b
	τ _{120 N}	0,9	10,2	0,0	61,8 A a	3,1 B b	3,2 A	14,9	0,7	4,5	0,8 B b
Ef. est.	p-valor	0,071	0,782	0,240	0,599	0,4146	0,144	0,327	0,683	0,487	0,1177
	DMS _{5%}	0,81	5,75	0,12	9,92	2,15	1,57	7,38	0,62	2,70	6,02
	DMS _{10%}	0,68	4,79	0,10	8,26	1,80	1,31	6,15	0,52	2,25	5,01
	γ _{verano}	0,0 B	11,1	0,1	55,6	4,6	3,1	10,6	0,8	2,4	11,8
	γ _{otoño}	0,8 A	10,3	0,0	58,3	5,5	1,9	14,3	0,7	1,4	6,97
Ef. trat.* est.	p-valor	0,492	0,704	0,906	0,663	0,3868	0,722	0,213	0,808	0,947	0,0227
	DMS _{5%}	2,57	18,19	0,39	31,36	6,81	4,96	23,33	1,96	8,53	19,02
	DMS _{10%}	2,33	16,50	0,35	28,44	6,18	4,50	21,16	1,78	7,74	17,25
	tγ _{CN*ver.}	0	16,1	0,2	64,4	9,7 A a	2,9	3,8	0,6	1,6	0,8 C c
	tγ _{CNm*ver.}	0	3,3	0,1	38,8	3,0 B ab	0,8	7,8	0,7	0,3	45,2 A a
	tγ _{60 N*ver.}	0	14,6	0,1	59,8	3,2 B ab	4,7	13,3	1,1	2,2	1,1 C c
	tγ _{120 N*ver.}	0	10,4	0,0	59,5	2,5 B b	4,0	17,6	0,7	5,3	0,0 C c
	tγ _{CN*ot.}	0,4	12,6	0,0	56,9	8,5 AB ab	1,2	18,5	0,5	0,3	1,2 C c
	tγ _{CNm*ot.}	0,2	7,9	0,0	48,2	2,9 B b	1,2	15,3	0,1	0,7	23,6 B b
tγ _{60 N*ot.}	0,7	10,6	0,0	64,0	7,0 AB ab	2,8	11,2	1,3	1,0	1,4 C c	
tγ _{120 N*ot.}	1,8	9,9	0,0	64,0	3,7 AB ab	2,5	12,2	0,7	3,6	1,6 C c	

Anexo No. 10. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de la composición botánica sobre el disponible del experimento 1 expresados en proporción

	g.l.		cob. SDyM	cob. MCS	GAI- TF	GPI- TF	GPI- OD	GPE- TF	GPE- OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
C. 1	1	S.C.	1,73	3,7	0,62	219,5	0,04	226	271	3,7	28,18	0,49	14,9	1150
		p-val.	0,608	0,693	0,579	0,146	0,337	0,388	<0,01	0,483	0,681	0,519	0,415	0,002
		Dif.	-0,43	0,64	-0,26	219,5	0,07	4,95	5,42	-0,64	-1,75	-0,23	-1,27	-11,2
C. 2	1	S.C.	20,71	1,70	2,26	273,1	0,001	2760	10,59	50,3	34,00	2,78	53	9157
		p-val.	0,081	0,845	0,293	0,106	0,874	0,004	0,389	0,013	0,652	0,129	0,127	<0,01
		Dif.	-1,59	0,33	-0,53	-5,77	-0,01	-18,3	-1,14	-2,5	-2,04	-0,58	-2,55	33,41
C. 3	1	S.C.	1,79	334	2,00	36,38	0,03	0,12	24,86	1,79	44,74	1,54	49,2	0,94
		p-val.	0,601	0,239	0,322	0,550	0,397	0,984	0,190	0,625	0,605	0,256	0,142	0,926
		Dif.	-0,54	-2,34	-0,57	2,43	0,07	0,12	2,01	0,54	-2,70	0,50	-2,83	0,39
Total	3	S.C.	24,2	38,4	4,88	529	0,08	2986	306,5	55,8	107	4,8	118	10308

Anexo No. 11. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de la composición botánica del disponible en valores absolutos del experimento 1

		GAI- TF	GPI-TF	GPI- OD	GPE-TF	GPE- OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
CV (%)		400,2	89,1	330	38,6	81,6	96,2	85,5	158,1	237,0	111,4
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados									
Modelo	10	16224	892144	206	9412137	456999	41942	2134602	13966	390655	15986406
Trat.	3	2805	178145	46	634421	240462	25359	25633	3368	109591	10996268
Est.	1	6518	73586	17	1985116	39547	3070	713790	0,2	6243	268313
Bloque	3	3616	499711	144	6700525	150695	2341	771569	9408	255668	100575
Trat.*est.	3	2805	60676	7,4	135927	29930	4822	471091	1664	5808	1206547
Error	41	63543	2664905	901	16192451	515693	166630	3556385	32340	885483	5056769
Total	51	79768	3557049	1108	25604588	972692	208572	5690987	46305	1276137	21043175

Anexo No. 12. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de composición botánica del disponible del experimento 1 expresados en valores absolutos

		GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
Efecto trat.	p-valor	0,617	0,443	0,563	0,661	0,001	0,118	0,960	0,250	0,184	<0,001
	DMS _{5%}	41,4	268	4,9	660,0	118	67,0	309,3	29,5	154,3	368,8
	DMS _{10%}	36,5	237	4,3	583,2	104,1	59,2	273,3	26,1	136,4	325,9
	τ_{CN}	8	352	2	1806	261 A a	57	370	14	28	29 B b
	τ_{CNm}	4	195	1	1498	99 B b	35	389	12	17	1121 A a
	$\tau_{60 N}$	10	329	2	1729	147 B ab	98	328	33	55	32 B b
	$\tau_{120 N}$	24	286	0	1693	82 B b	69	373	15	138	28 B b
Efecto est.	p-valor	0,047	0,294	0,384	0,030	0,084	0,390	0,007	0,989	0,594	0,148
	DMS _{5%}	22,7	147	2,7	361,8	64,6	36,7	169,5	16,2	84,6	202,2
	DMS _{10%}	18,9	122	2,2	301,5	53,8	30,6	141,3	13,5	70,5	168,5
	γ_{verano}	0 B b	251	2	1478 B b	119 B	73	243 B b	18	71	377
	$\gamma_{\text{otoño}}$	23 A a	330	0	1885 A a	176 A	57	487 A a	18	48	228
Efecto trat.* est.	p-valor	0,617	0,817	0,953	0,951	0,505	0,757	0,160	0,556	0,965	0,031
	DMS _{5%}	71,6	464,0	8,5	1144	204,1	116,0	536,0	51,1	267,5	639,1
	DMS _{10%}	65,0	420,8	7,7	1037,2	185,1	105,2	486,1	46,4	242,6	579,6
	$t\gamma_{CN^*ver.}$	0	310	3	1662	236 AB ab	73	99 B b	12	45	18 C c
	$t\gamma_{CNm^*ver.}$	0	104	2	1335	99 B ab	27	241 AB ab	22	10	1467 A a
	$t\gamma_{60 N^*ver.}$	0	330	2	1499	79 B b	115	284 AB ab	27	74	24 C c
	$t\gamma_{120 N^*ver.}$	0	265	0	1416	61 B b	76	348 AB ab	14	155	0 C c
	$t\gamma_{CN^*ot.}$	17	394	1	1950	286 A a	42	640 A a	16	11	40 C c
	$t\gamma_{CNm^*ot.}$	8	289	0	1661	99 B ab	43	538 AB ab	2	25	775 B b
	$t\gamma_{60 N^*ot.}$	21	328	1	1959	215 AB ab	81	371 AB ab	39	36	40 C c
$t\gamma_{120 N^*ot.}$	48	308	0	1967	104 AB ab	62	399 AB ab	17	120	56 C c	

Anexo No. 13. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de la composición botánica sobre el disponible del experimento 1 expresados en valores absolutos

	g.l.		GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
Contr. 1	1	S.C.	156,4	62119	21,4	255359	212645	867,0	354	334	16375	1229258
		p-val.	0,7523	0,3340	0,329	0,4260	0,0002	0,647	0,949	0,519	0,389	0,0030
		Dif.	-4,12	82,03	1,52	166,3	151,8	-9,7	6,2	-6,0	-42,1	-365
Contr. 2	1	S.C.	1461	104675	0,1	370461	2013	19420	12346	1154	51358	9766912
		p-val.	0,3372	0,2116	0,960	0,3385	0,691	0,035	0,708	0,234	0,131	<0,0001
		Dif.	-13,35	-112,9	-0,1	-212,5	-15,7	-48,7	38,8	-11,9	-79,1	1092
Contr. 3	1	S.C.	1188	11351	24,1	8602	25804	5073	12933	1881	41858	97,8
		p-val.	0,3865	0,6782	0,301	0,8834	0,160	0,270	0,701	0,250	0,1714	0,9777
		Dif.	-13,89	42,95	1,98	37,4	64,8	28,7	-45,8	17,5	-82,5	4
Total	3	S.C.	2805	178145	45,6	634422	240462	25359	25633	3368	109591	10996268

Anexo No. 14. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de la composición botánica del remanente del experimento 1

		cob. SDyM (%)	cob. MCS (%)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
CV (%)		97,64	155,87	33,54	12,74	26,61	29,24
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados					
Modelo	10	1266,40	536,45	3664767,13	814,16	879656,31	811,75
Tratamiento	3	87,69	15,34	173925,52	14,63	49479,47	23,99
Estación	1	381,00	85,51	879377,97	103,94	259352,10	95,77
Bloque	3	532,44	374,91	2435665,37	626,33	572661,89	614,44
Trat.*estación	3	112,61	22,15	242932,22	87,13	65427,57	91,93
Error	41	981,71	1341,10	6908717,81	3238,64	761103,32	3227,66
Total	51	2248,11	1877,55	10573484,94	4052,81	1640759,63	4039,41

Anexo No. 15. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de composición botánica del remanente del experimento 1

		cob. SDyM (%)	cob. MCS (%)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
Efecto tratamiento	p-valor	0,3143	0,9250	0,7936	0,9797	0,4552	0,9587
	DMS 5%	5,14	6,01	431,12	9,33	143,09	9,32
	DMS 10%	4,54	5,31	380,92	8,25	126,43	8,23
	τ_{CN}	2,8	3,2	1268	70,7	520	29,3
	τ_{CNm}	4,2	4,5	1203	70,7	508	29,3
	$\tau_{60 N}$	4,8	3,4	1114	70,5	439	29,5
	$\tau_{120 N}$	6,5	3,1	1141	69,0	474	31,0
Efecto estación	p-valor	0,0003	0,1136	0,0276	0,2580	0,0006	0,2765
	DMS 5%	2,82	3,29	236,30	5,12	78,43	5,11
	DMS 10%	2,35	2,74	196,92	4,26	65,36	4,26
	γ_{verano}	7,4 A a	4,9	1317 A a	68,9	559 A a	31,1
	$\gamma_{\text{otoño}}$	1,8 B b	2,2	1046 B b	71,8	412 B b	28,2
Efecto tratamiento* estación	p-valor	0,2118	0,8780	0,6976	0,7767	0,3311	0,7613
	DMS 5%	8,91	10,41	747,07	16,17	247,96	16,15
	DMS 10%	8,08	9,44	677,52	14,67	224,88	14,64
	$t\gamma_{CN^*verano}$	4,3 AB ab	3,6	1450	71,3	573 AB ab	28,7
	$t\gamma_{CNm^*verano}$	5,6 AB ab	6,4	1424	69,3	637 A a	30,7
	$t\gamma_{60 N^*verano}$	8,0 AB ab	4,4	1210	67,5	519 AB ab	32,5
	$t\gamma_{120 N^*verano}$	11,7 A a	5,1	1181	67,0	504 AB ab	33,0
	$t\gamma_{CN^*otoño}$	1,4 B b	2,7	1083	70,0	467 AB ab	30,0
	$t\gamma_{CNm^*otoño}$	2,7 B b	2,5	981	72,1	379 B b	27,9
	$t\gamma_{60 N^*otoño}$	1,7 B b	2,4	1017	73,4	359 B b	26,6
$t\gamma_{120 N^*otoño}$	1,4 B b	1,1	1093	71,0	440 AB ab	29,0	

Anexo No. 16. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de la composición botánica sobre el remanente del experimento 1

	g.l.		cob. SDyM (%)	cob. MCS (%)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
Contraste 1	1	S.C.	50,65	2,11	122421,28	2,75	20167,23	2,87
		p-valor	0,1534	0,8009	0,3990	0,8529	0,3034	0,8494
		Diferencia	-2,34	-0,48	115,16	0,55	46,74	-0,56
Contraste 2	1	S.C.	18,83	12,63	47057,46	4,75	21832,89	7,54
		p-valor	0,3803	0,5378	0,6000	0,8076	0,2845	0,7585
		Diferencia	-1,52	1,24	75,73	0,76	51,58	-0,96
Contraste 3	1	S.C.	18,21	0,61	4446,78	7,13	7479,35	13,57
		p-valor	0,3883	0,8924	0,8718	0,7654	0,5291	0,6802
		Diferencia	-1,72	0,31	-26,88	1,08	-34,86	-1,49
Total	3	S.C.	87,69	15,34	173925,52	14,63	49479,47	23,99

Anexo No. 17. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de OF y ND del experimento 1 para ambas estaciones

	Verano				Otoño			
	OF		ND		OF		ND	
CV (%)	27,02		25,83		27,76		17,33	
F.V.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Modelo	3	64,66	3	10,04	3	7,48	3	0,74
Tratamiento	3	64,66	3	10,04	3	7,48	3	0,74
Error	28	113,88	12	12,53	16	59,99	12	2,41
Total	31	178,54	15	22,57	19	67,47	15	3,15

Anexo No. 18. Cuadro con el p-valor y test de tukey al efecto del tratamiento en las variables de OF y ND del experimento 1 en ambas estaciones

		Verano		Otoño	
		OF	ND	OF	ND
Efecto tratamiento	p-valor	0,0051	0,0621	0,5855	0,3423
	DMS 5%	2,75	2,15	3,50	0,94
	DMS 10%	2,42	1,85	3,05	0,81
	τ_{CN}	8,6 AB ab	3,3 B	8,0	2,3
	τ_{CNm}	9,1 A a	5,3 A	6,9	2,9
	$\tau_{60 N}$	6,2 BC b	3,7 AB	6,4	2,6
	$\tau_{120 N}$	5,9 C b	3,5 AB	6,6	2,6

Anexo No. 19. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables OF y ND del experimento 1 en ambas estaciones

	g.l.		Verano		Otoño	
			OF	ND	OF	ND
Contraste 1	1	S.C.	14,15	2,16	6,63	0,57
		p-valor	0,0726	0,1760	0,2022	0,1178
		Diferencia	1,54	-0,85	1,33	-0,44
Contraste 2	1	S.C.	50,21	7,78	0,65	0,16
		p-valor	0,0015	0,0183	0,6828	0,3839
		Diferencia	3,07	1,71	0,44	0,25
Contraste 3	1	S.C.	0,30	0,09	0,20	0,32
		p-valor	0,7876	0,7709	0,8190	0,8721
		Diferencia	0,27	0,22	-0,28	0,05
Total	3	S.C.	64,66	10,04	7,48	0,74

Anexo No. 20. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variable GMD del experimento 1 para ambas estaciones

	GMD verano		GMD otoño	
CV (%)	17,43		81,35	
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados	g.l.	Suma de cuadrados
Modelo	4	0,28	4	0,01
Tratamiento	3	0,22	3	0,01
Peso inicial	1	0,01	1	0,0
Error	11	0,20	9	0,1
Total	15	0,48	13	0,1

Anexo No. 21. Cuadro con el p-valor y test de tukey al efecto del tratamiento en las variables de GMD del experimento 1 en ambas estaciones

		GMD verano	GMD otoño
Efecto tratamiento	p-valor	0,0346	0,8288
	DMS 5%	0,330	0,209
	DMS 10%	0,284	0,178
	τ_{CN}	0,703 AB	0,131
	τ_{CNm}	0,924 A	0,124
	$\tau_{60 N}$	0,639 B	0,094
	$\tau_{120 N}$	0,649 AB	0,070

Anexo No. 22. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de la variable GMD del experimento 1 en ambas estaciones

	g.l.		GMD verano	GMD otoño
Contraste 1	1	S.C.	0,001	0,003
		p-valor	0,8002	0,5311
		Diferencia	-0,034	0,035
Contraste 2	1	S.C.	0,171	0,003
		p-valor	0,0105	0,5323
		Diferencia	0,280	0,043
Contraste 3	1	S.C.	0,0001	0,001
		p-valor	0,9404	0,7513
		Diferencia	-0,010	0,024
Total	3	S.C.	0,224	0,007

Anexo No. 23. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria total en el experimento 2

		ProdT MS	TC	Total MSdes	Total Des
CV (%)		25,3	24,3	47,0	24,1
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados			
Modelo	10	14546504,4	994,1	7312900,1	5350,1
Tratamiento	1	327301,2	35,7	93636,3	100,8
Estación	1	8096992,2	312,5	236500,0	3544,8
Bloque	7	6119225,3	645,9	6952444,2	1702,9
Trat.*estación	1	2985,7	0,0	30319,5	1,6
Error	21	7303702,3	737,3	26466821,4	3323,5
Total	31	21850206,7	1731,4	33779721,5	8673,6

Anexo No. 24. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de producción primaria total en el experimento 2

		ProdT MS	TC	Total MSdes	Total Des
Efecto tratamiento	p-valor	0,3430	0,3247	0,7878	0,4337
	DMS 5%	433,6	4,4	825,4	9,2
	DMS 10%	358,8	3,6	682,9	7,7
	$\tau_{60 N}$	2230	23,3	2442	50,4
	$\tau_{120 N}$	2433	25,4	2334	53,9
Efecto estación	p-valor	0,0001	0,0071	0,6693	0,0001
	DMS 5%	433,6	4,4	825,4	9,2
	DMS 10%	358,8	3,6	682,9	7,7
	γ_{verano}	2835 A a	27,5 A a	2302	41,6 B b
	$\gamma_{\text{otoño}}$	1829 B b	21,3 B b	2474	62,7 A a

Anexo No. 25. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste en la historia de fertilización de las variables de producción primaria total del experimento 2

Contraste	g.l.		ProdT MS	TC	Total MSdes	Total Des
Historia de fertilización	1	S.C.	153582,7	19,9	815045,3	559,4
		p-valor	0,5136	0,4605	0,4303	0,0740
		Diferencia	-138,6	-1,6	-319,2	-8,4
Total	1	S.C.	153582,7	19,9	815045,3	559,4

Anexo No. 26. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria promedio en el experimento 2

		Disp	AltD	Rem	AltR	MSdes	Des
CV (%)		15,8	24,2	27,8	31,2	30,8	27,4
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados					
Modelo	10	14387411,7	131,1	4934437,5	77,8	16498330,3	9169,6
Tratamiento	1	37286,6	0,3	165878,3	6,2	45904,2	92,9
Estación	1	5259634,2	102,1	748983,7	7,8	9977894,3	4906,6
Bloque	7	9380485,4	36,0	4239249,2	66,0	7991623,7	5266,9
Trat.*estación	1	5621,3	3,5	25104,1	0,1	6970,0	17,1
Error	41	9050962,1	476,5	7134788,0	330,8	8418603,2	7085,9
Total	51	23438373,8	607,6	12069225,5	408,5	24916933,5	16255,4

Anexo No. 27. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de producción primaria promedio en el experimento 2

		Disp	AltD	Rem	AltR	MSdes	Des
Efecto tratamiento	p-valor	0,683	0,882	0,335	0,387	0,639	0,468
	DMS 5%	263,2	1,9	233,7	1,6	253,8	7,4
	DMS 10%	219,3	1,6	194,7	1,3	211,5	6,1
	$\tau_{60\text{ N}}$	3085	14,6	1508	9,3	1577	50,0
	$\tau_{120\text{ N}}$	3029	14,5	1392	8,6	1638	52,7
Efecto estación	p-valor	<0,001	0,005	0,044	0,333	<0,001	<0,001
	DMS 5%	270,2	2,0	240,1	1,6	260,9	7,6
	DMS 10%	225,4	1,6	200,1	1,4	217,4	6,3
	γ_{verano}	2726 B b	13,1 B b	1575 A a	9,3	1151 B b	41,3 B b
	$\gamma_{\text{otoño}}$	3388 A a	16,0 A a	1325 B b	8,5	2063 A a	61,5 A a

Anexo No. 28. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste en la historia de fertilización de las variables de producción primaria promedio del experimento 2

Contraste	g.l.		Disp	AltD	Rem	AltR	MSdes	Des
Historia de fertilización	1	S.C.	35397,7	0,0	922165,1	19,8	596205,3	911,9
		p-valor	0,691	0,984	0,027	0,125	0,096	0,027
		Diferencia	52,6	0,0	268,4	1,2	-215,8	-8,4
Total	1	S.C.	35397,7	0,0	922165,1	19,8	596205,3	911,9

Anexo No. 29. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de la composición botánica del disponible en proporción del experimento 2

		cob. SDyM	cob. MCS	GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
CV (%)		113,5	109,3	281,2	79,5	558	29,9	117,6	96,0	123	127,2	225	130,2
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados											
Modelo	10	296,2	935,3	76,1	1883	2,4	3004	266,9	1443	1623	36,7	498	106,3
Trat.	1	14,1	5,9	2,5	43,6	0,2	289,2	16,5	418,6	44,5	1,3	14,7	18,0
Est.	1	238,4	201,5	33,7	121,2	0,3	11,0	65,9	119,0	614	8,1	5,5	8,6
Bloque	7	24,7	647,1	28,4	1649	1,6	2628	179,1	900,7	966	25,6	472	65,3
Trat.*est.	1	3,6	38,8	2,8	4,2	0,4	11,6	0,6	39,4	88,4	0,0	1,73	8,5
Error	41	515,8	1747	175,0	5072	8,7	11664	555,5	2006	11111	111,7	813	166,1
Total	51	812,0	2682	251,0	6954	11,1	14449	822,4	3449	12734	148,4	1311	272,4

Anexo No. 30. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de composición botánica del disponible del experimento 2 expresados en proporción

		cob. SDyM	cob. MCS
Ef. tratamiento	p-valor	0,296	0,711
	DMS _{5%}	2,0	3,7
	DMS _{10%}	1,7	3,0
	$\tau_{60\text{ N}}$	2,1	5,3
	$\tau_{120\text{ N}}$	3,2	6,0
Ef. estación	p-valor	<0,001	0,036
	DMS _{5%}	2,0	3,8
	DMS _{10%}	1,7	3,1
	γ_{verano}	4,9 A a	7,7 A a
	$\gamma_{\text{otoño}}$	0,4 B b	3,6 B b

		GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
Ef. trat.	p-valor	0,452	0,556	0,336	0,319	0,276	0,006	0,688	0,491	0,394	0,041
	DMS _{5%}	1,2	6,2	0,3	9,4	2,1	3,9	9,2	0,9	2,5	1,1
	DMS _{10%}	1,0	5,2	0,2	7,8	1,7	3,3	7,7	0,8	2,1	0,9
	$\tau_{60\text{ N}}$	0,6	51,1	0,0	59,5	4,0	4,7 B b	11,3	1,4	1,4	2,0 A a
	$\tau_{120\text{ N}}$	1,1	13,2	0,2	54,6	2,8	10,6 A a	13,2	1,1	2,5	0,8 B b
Ef. est.	p-valor	0,008	0,328	0,218	0,845	0,037	0,127	0,140	0,093	0,601	0,154
	DMS _{5%}	1,2	6,4	0,3	9,7	2,1	4,0	9,5	1,0	2,6	1,2
	DMS _{10%}	1,0	5,3	0,2	8,1	1,8	3,4	7,9	0,8	2,1	1,0
	γ_{verano}	0,0 B b	12,5	0,0	57,5	2,2 B b	6,1	15,8	1,6 A	2,3	1,0
	$\gamma_{\text{otoño}}$	1,7 A a	15,7	0,2	56,6	4,5 A a	9,2	8,7	0,8 B	1,6	1,8

Anexo No. 31. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste en la historia de fertilización de las variables de la composición botánica sobre el disponible del experimento 2 expresados en proporción

Contr.	g.l.		cob. SDyM	cob. MCS	GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
Hist. de fert.	1	S.C.	1,5	129,5	2,5	216,5	0,1	972,1	20,5	637,5	34,9	6,2	79,6	36,0
		p-val.	0,728	0,089	0,446	0,193	0,415	0,072	0,226	0,001	0,722	0,140	0,052	0,005
		Dif.	-0,4	-3,2	-0,4	-4,1	-0,1	8,7	1,3	-7,1	1,7	-0,7	2,5	-1,7
Total	1	S.C.	1,5	129,5	2,5	216,5	0,1	972,1	20,5	637,5	34,9	6,2	79,6	36,0

Anexo No. 32. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de la composición botánica del disponible en valores absolutos del experimento 2

		GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
CV (%)		276,4	81,8	570	38,4	114	104	111	126	229	125
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados									
Modelo	10	54177	1797439	2092	5348804	245354	1068200	652869	18824	504336	52158
Trat.	1	1200	26061	186	316188	18293	259102	5477	1989	13194	8130
Est.	1	25346	347741	324	1138666	74842	187421	45627	2070	2983	1331
Bloque	7	20124	1376065	1406	4161315	147600	604393	580969	13942	484438	34963
Trat.*est.	1	1317	38	291	7171	122	53835	33518	2	642	4581
Error	41	123381	3710839	7484	13525690	389339	1528770	5296766	59710	787685	96175
Total	51	177558	5508277	9576	18874493	634694	2596970	5949635	77535	1292021	148333

Anexo No. 33. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de composición botánica del disponible del experimento 2 expresados en valores absolutos

		GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
Efecto trat.	p-valor	0,531	0,594	0,318	0,333	0,173	0,012	0,838	0,245	0,412	0,070
	DMS _{5%}	30,7	168,5	7,6	321,7	54,6	108,2	201,3	21,2	77,6	27,1
	DMS _{10%}	25,6	140,4	6,3	268,1	45,5	90,1	167,8	17,7	64,7	22,6
	$\tau_{60 N}$	18	407	1	1629	113	128 B b	298	36	43	49 A
	$\tau_{120 N}$	28	361	5	1469	75	273 A a	320	23	76	24 B
Efecto est.	p-valor	0,006	0,057	0,190	0,070	0,008	0,030	0,556	0,236	0,696	0,456
	DMS _{5%}	31,6	173,2	7,8	331	56,1	111,2	206,9	21,8	79,8	27,9
	DMS _{10%}	26,3	144,3	6,5	275,5	46,7	92,6	172,4	18,2	66,5	23,2
	γ_{verano}	0 B b	299 B	0	1395 B	55 B b	138 B b	340	36	67	42
	$\gamma_{\text{otoño}}$	46 A a	469 A	6	1703 A	134 A a	263 A a	278	23	52	31

Anexo No. 34. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste en la historia de fertilización de las variables de la composición botánica sobre el disponible del experimento 2 expresados en valores absolutos

Contraste	g.l		GAI-TF	GPI-TF	GPI-OD	GPE-TF	GPE-OD	Hierb.	RS	Card.	Gram.	Leg.
Hist. de fert.	1	S.C.	1801	171650	137	1064857	16385	489882	31483	3006	83532	18007
		p-valor	0,444	0,176	0,392	0,080	0,196	0,001	0,624	0,155	0,043	0,008
		Dif.	-11,9	-116	-3,3	288	36	-196	50	-15	81	-38
Total	1	S.C.	1801	171650	137	1064857	16385	489882	31483	3006	83532	18007

Anexo No. 35. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de la composición botánica del remanente del experimento 2

		cob. SDyM (%)	cob. MCS (%)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
CV (%)		98,4	151,6	41,4	19,1	36,2	41,1
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados					
Modelo	10	2236,0	735,3	2592761,7	1499,0	674020,7	1507,2
Tratamiento	1	200,8	18,7	148204,7	70,3	155,1	82,8
Estación	1	601,4	20,0	197864,4	374,8	173913,8	367,0
Bloque	7	1084,7	640,9	2256598,0	1117,2	571641,0	1116,5
Trat.*estación	1	85,1	27,0	22319,1	15,2	134,0	14,2
Error	41	2421,1	1446,6	7747793,1	7006,9	1098654,3	6970,5
Total	51	4657,1	2182,0	10340554,8	8505,9	1772675,0	8477,7

Anexo No. 36. Cuadro con el p-valor y test de tukey para los tres efectos analizados en las variables de composición botánica del remanente del experimento 2

		cob. SDyM (%)	cob. MCS (%)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
Efecto tratamiento	p-valor	0,072	0,471	0,381	0,525	0,940	0,489
	DMS 5%	4,3	3,3	243,5	7,3	91,7	7,3
	DMS 10%	3,6	2,8	202,9	6,1	76,4	6,1
	$\tau_{60 N}$	5,3 B	3,3	1079,2	70,5	429,0	29,5
	$\tau_{120 N}$	9,4 A	4,5	969,4	68,1	425,4	32,1
Efecto estación	p-valor	0,003	0,456	0,312	0,146	0,015	0,149
	DMS 5%	4,4	3,4	250,2	7,5	94,2	7,5
	DMS 10%	3,7	2,8	208,5	6,3	78,5	6,3
	γ_{verano}	10,9 A a	4,6	1088,5	66,5	487,4 A a	33,6
	$\gamma_{\text{otoño}}$	3,8 B b	3,3	960,1	72,1	367,0 B b	28,0

Anexo No. 37. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste de la historia de fertilización en las variables de la composición botánica sobre el remanente del experimento 2

Contraste	g.l.		cob. SDyM (%)	cob. MCS (%)	Verde (kg/há)	Verde (%)	Seco (kg/há)	Seco (%)
Historia de fertilización	1	S.C.	104,8	10,9	582781,2	23,8	42913,9	16,9
		p-valor	0,190	0,581	0,087	0,711	0,213	0,754
		Diferencia	-2,9	-0,9	213,4	1,4	57,9	-1,2
Total	1	S.C.	104,8	10,9	582781,2	23,8	42913,9	16,9

Anexo No. 38. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de OF, CI, CT, ND y G/há del experimento 2 en verano

	OF		CI		CT		ND		G/há	
CV (%)	30,1		34,1		33,6		31,8		7,3	
F.V.	g.l.	S.C.								
Modelo	2	6,3	2	1128531,1	2	69502,1	2	0,33	2	222,8
Tratamiento	1	0,0	1	33251,0	1	1837,0	1	0,32	1	158,8
Bloque	1	6,3	1	1095280,0	1	67665,2	1	0,01	1	64,0
Error	29	112,9	29	45344715,5	29	2749124,1	13	17,21	1	114,5
Total	31	119,2	31	46473246,6	31	2818626,2	15	17,54	3	337,3

Anexo No. 39. Cuadro con el p-valor y test de tukey al efecto del tratamiento en las variables de OF, CI, CT, ND y G/há del experimento 2 en verano

		OF	CI	CT	ND	G/há
Efecto tratamiento	p-valor	0,996	0,885	0,890	0,631	0,448
	DMS 5%	1,4	904,2	222,6	1,24	23,8
	DMS 10%	1,2	751,2	185,0	1,02	21,3
	$\tau_{60 N}$	6,6	3637	910	3,5	139,9
	$\tau_{120 N}$	6,6	3702	925	3,8	152,5

Anexo No. 40. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste en la historia de fertilización de las variables de OF, CI, CT, ND y G/há del experimento 2 en verano

Contraste	g.l.		OF	CI	CT	ND	G/há
Historia de fert.	1	S.C.	6,3	1095280,0	67665,2	0,01	64,0
		p-valor	0,212	0,410	0,405	0,942	0,591
		Diferencia	0,9	-370,0	-92,0	-0,04	8,0
Total	1	S.C.	6,3	1095280,0	67665,2	0,01	64,0

Anexo No. 41. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de OF, CI, CT, ND y G/há del experimento 2 en otoño

	OF		CI		CT		ND		G/há	
CV (%)	36,5		18,2		19,6		24,6		281	
F.V.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Modelo	2	18,6	2	2723200,4	2	149630,8	2	0,87	2	820,8
Tratamiento	1	3,1	1	338,6	1	0,8	1	0,31	1	152,5
Bloque	1	15,5	1	2722861,8	1	149630,1	1	0,56	1	668,2
Error	17	97,1	17	6062336,0	17	445546,4	13	6,17	1	301,0
Total	19	115,7	19	8785536,4	19	595177,2	15	7,04	3	1121,8

Anexo No. 42. Cuadro con el p-valor y test de tukey al efecto del tratamiento en las variables de OF, CI, CT, ND y G/há del experimento 2 en otoño

		OF	CI	CT	ND	G/há
Efecto tratamiento	p-valor	0,471	0,976	0,996	0,431	0,606
	DMS 5%	2,3	563,4	152,8	0,74	25,3
	DMS 10%	1,9	464,6	125,9	0,61	22,2
	$\tau_{60 N}$	7,0	3279	826	2,7	12,4
	$\tau_{120 N}$	6,2	3287	827	2,9	0,0

Anexo No. 43. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste en la historia de fertilización de las variables de OF, CI, CT, ND y G/há del experimento 2 en otoño

Contraste	g.l.		OF	CI	CT	ND	G/há
Historia de fert.	1	S.C.	15,5	2722861,8	149630,1	0,56	668,2
		p-valor	0,118	0,013	0,029	0,298	0,376
		Diferencia	1,8	-738,0	-173,0	-0,37	25,9
Total	1	S.C.	15,5	2722861,8	149630,1	0,56	668,2

Anexo No. 44. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variable GMD del experimento 2 para ambas estaciones

		GMD verano		GMD otoño	
CV (%)		11,8		133,0	
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados		g.l.	Suma de cuadrados
Modelo	3	0,049		3	0,025
Tratamiento	1	0,022		2	0,003
Bloque	1	0,030		1	0,019
Peso inicial	1	0,006		1	0,003
Error	4	0,021		7	0,023
Total	7	0,071		10	0,048

Anexo No. 45. Cuadro con el p-valor y test de tukey al efecto del tratamiento en las variables de GMD del experimento 2 en ambas estaciones

		GMD verano	GMD otoño
Efecto tratamiento	p-valor	0,112	0,373
	DMS 5%	0,143	0,0824
	DMS 10%	0,110	0,066
	$\tau_{60 N}$	0,557	0,058
	$\tau_{120 N}$	0,680	0,024

Anexo No. 46. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para el contraste de la historia de fertilización de la variable GMD del experimento 2 en ambas estaciones

Contraste	g.l.		GMD verano	GMD otoño
Historia de fert.	1	S.C.	0,030	0,019
		p-valor	0,077	0,047
		Diferencia	0,173	0,086
Total	1	S.C.	0,030	0,019