

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL NIVEL DE INTERVENCIÓN EN CAMPO NATURAL SOBRE LA
PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA EN EL PERÍODO
INVIERNO-PRIMAVERAL

por

María Sofía DURÁN ACEVEDO
María Valeria GUIDO GOTTERO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Felipe Casalás

Ing. Agr. Nicolás Caram

Fecha:

03 de febrero de 2022

Autoras:

María Sofía Durán Acevedo

María Valeria Guido Gottero

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Pablo Boggiano, Felipe Casalás y Nicolás Caram por la continua dedicación para la realización de este trabajo.

A nuestros compañeros de tesis Sebastián Chiappini, Agustina Díaz y Sabrina Frattini por el tiempo dedicado a recabar los datos a campo y el tiempo compartido.

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

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

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. <u>OBJETIVOS</u>	2
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL</u>	3
2.2. <u>EFFECTOS DEL PASTOREO SOBRE LA COMUNIDAD DEL CAMPO NATURAL</u>	5
2.2.1. <u>Efecto del pastoreo sobre la producción y estacionalidad del forraje</u> ...	6
2.2.2. <u>Efecto del pastoreo en la composición botánica</u>	9
2.2.3. <u>Efecto del control de la oferta de forraje (%) sobre la productividad</u>	10
2.3. <u>RESPUESTA DEL CAMPO NATURAL AL AGREGADO DE NUTRIENTES Y/O LEGUMINOSAS</u>	12
2.3.1. <u>Efecto del nitrógeno en la productividad primaria (cambios en la composición botánica, distribución de la producción y producción secundaria</u>	15
2.3.2. <u>Efecto del fósforo y leguminosas en la productividad primaria (cambios en la composición botánica, distribución de la producción) y producción secundaria</u>	19
2.3.3. <u>Consecuencias en largo plazo sobre las comunidades del campo natural</u>	23
2.4. <u>HIPÓTESIS</u>	25
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	26
3.1. <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES</u>	26
3.1.1. <u>Localización y período de evaluación</u>	26
3.1.2. <u>Información meteorológica</u>	26
3.1.3. <u>Características del sitio experimental</u>	26
3.1.3.1. <u>Suelos</u>	26
3.1.3.2. <u>Vegetación</u>	27
3.1.3.3. <u>Antecedentes del potrero</u>	27
3.1.4. <u>Descripción de los tratamientos</u>	27
3.1.5. <u>Diseño experimental</u>	28
3.1.6. <u>Manejo del pastoreo</u>	29
3.1.7. <u>Determinación de la producción de forraje</u>	29

3.1.7.1. Estimación de la materia seca presente.....	29
3.1.7.2. Producción de materia seca.....	31
3.1.7.3. Tasa de crecimiento diaria.....	31
3.1.7.4. Materia seca disponible y remanente.....	31
3.1.7.5. Altura de forraje disponible y remanente.....	31
3.1.7.6. Materia seca desaparecida.....	31
3.1.8. <u>Determinaciones en composición botánica</u>	32
3.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.....	33
3.3. MODELO ESTADÍSTICO.....	33
3.3.1. <u>Experimento 1</u>	33
3.3.2. <u>Experimento 2</u>	34
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	36
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	36
4.1.1. <u>Temperatura</u>	36
4.1.2. <u>Precipitaciones</u>	37
4.1.3. <u>Balance hídrico</u>	38
4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1.....	39
4.2.1. <u>Producción de forraje</u>	39
4.2.1.1. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según tratamiento.....	39
4.2.1.2. Materia seca disponible, altura disponible, materia seca remanente, altura remanente y materia seca desaparecida según tratamientos.....	40
4.2.1.3. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según período.....	42
4.2.1.4. Materia seca disponible, altura disponible, materia seca remanente, altura remanente y materia seca desaparecida según período.....	43
4.2.2. <u>Composición botánica</u>	44
4.2.2.1. Contribución de los componentes botánicos según tratamiento en % y en kg de MS/ha.....	44
4.2.2.2. Contribución de los componentes botánicos según período en % y en kg de MS/ha.....	47
4.2.2.3. GPE (TF) contribución en % y en kg de MS/ha.....	48
4.2.2.4. Leguminosas interacción entre tratamiento y período en % y en kg de MS/ha.....	50
4.2.2.5. Restos secos interacción entre tratamiento y período en % y en kg de MS/ha.....	51
4.2.2.6. Cobertura de suelo descubierto y malezas de campo sucio según tratamiento, en disponible y remanente.....	52
4.2.2.7. Suelo desnudo y malezas de campo sucio según período, en disponible y remanente.....	54

4.2.2.8. Hierbas enanas interacción entre tratamiento y período	54
4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2	55
4.3.1. <u>Producción de forraje</u>	55
4.3.1.1. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según tratamiento por dosis y por historia de fertilización.....	55
4.3.1.2. Altura disponible, materia seca remanente y altura remanente según tratamiento por dosis y por historia de fertilización.....	56
4.3.1.3. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según período	57
4.3.1.4. Altura disponible, materia seca remanente y altura remanente según período.....	58
4.3.1.5. Materia seca disponible interacción entre historia de fertilización y período	58
4.3.1.6. Materia seca desaparecida interacción entre historia de fertilización y período... ..	59
4.3.2. <u>Composición botánica</u>	60
4.3.2.1 Contribución de los componentes botánicos según tratamiento por dosis y por historia de fertilización en % y en kg de MS/ha	60
4.3.2.2. Contribución de los componentes botánicos según período en % y en kg de MS/ha.....	61
4.3.2.3. GAI (TF) interacción entre historia de fertilización y período.....	63
4.3.2.4. GPI (TF) interacción entre tratamiento por dosis, por historia de fertilización y por período	63
4.3.2.5. Suelo desnudo, hierba enana y restos secos según tratamiento por dosis, por historia de fertilización y por período	64
4.3.2.6. Maleza de campo sucio interacción entre historia de fertilización y período.....	65
4.3.2.7. Materia seca remanente, materia verde y restos secos según período	66
4.3.2.8. Suelo desnudo en el forraje remanente para la interacción entre tratamiento de dosis e historia de fertilización.....	67
4.4 CONSIDERACIONES FINALES	67
5. <u>CONCLUSIONES</u>	71
6. <u>RESUMEN</u>	72
7. <u>SUMMARY</u>	74
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	76
9. <u>ANEXOS</u>	92

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de materia seca (PMS) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período.....	39
2. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD.), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR.) y forraje desaparecido (MSdes.) para el total del período.....	41
3. Efecto de los distintos períodos sobre la producción de materia seca (PMS) y la tasa de crecimiento (TC).....	42
4. Efecto de los distintos períodos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD.), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR.) y forraje desaparecido (MSdes.)	43
5. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%)	44
6. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en kg/ha de MS	44
7. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en porcentaje (%)	47
8. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en kg/ha de MS.....	47
9. Contribución de las GPE (TF) interacción tratamiento por período, en porcentaje (%)	49
10. Contribución de las GPE (TF) interacción tratamiento por período, en kg/ha de MS	49
11. Contribución de leguminosas interacción tratamiento por período, en porcentajes (%).....	50
12. Contribución de leguminosas interacción tratamiento por período, en kg/ha de MS	50

13. Contribución de los restos secos (RS) interacción tratamiento por período, en porcentaje (%).....	51
14. Contribución de los restos secos (RS) interacción tratamiento por período, en kg/ha de MS.....	51
15. Cobertura de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) en el forraje disponible y remanente promedio según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%).....	52
16. Cobertura de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) en el forraje disponible y remanente promedio según período, en porcentaje (%).....	54
17. Contribución de las hierbas enanas (HE) interacción tratamiento por período, en porcentaje (%).....	54
18. Efecto de dosis aplicadas y de historia de fertilización, medias de los tratamientos sobre la producción de materia seca (PMS) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período.....	55
19. Efecto de dosis aplicadas y medias de los tratamientos sobre la altura del disponible (AltD.), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR.) en el total del período.....	56
20. Media de los tratamientos con diferente historia de fertilización nitrogenada sobre la altura del disponible (AltD.), materia seca remanente (MSR) y altura del remanente (AltR.) en el total del período.....	57
21. Efecto de los distintos períodos sobre producción de materia seca (PMS) y tasa de crecimiento (TC).....	57
22. Efecto de los distintos períodos sobre la altura del disponible (AltD.), forraje remanente (MSR) y altura del remanente (AltR.).....	58
23. Media de materia seca disponible (MSD) interacción entre historia de fertilización y período.....	59
24. Media de materia seca desaparecida (MSdes.) interacción historia de fertilización y período.....	59

25. Efecto de la dosis aplicada, historia de fertilización y la contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%)	60
26. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en kg/ha de MS	60
27. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en porcentaje (%).....	61
28. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en kg/ha de MS	61
29. Media de gramínea anual invernal tierna fina (GAI TF) interacción entre historia de fertilización y período.....	63
30. Media de gramínea perenne invernal tierna fina (GPI TF) interacción entre historia de fertilización, dosis de nitrógeno y período	63
31. Cobertura de hierbas enanas (HE) y restos secos (RS) en el forraje disponible promedio, según tratamiento e historia de fertilización en el total del período, en porcentaje (%)	64
32. Cobertura de suelo descubierto (SD), hierbas enanas (HE) y restos secos (RS) en el forraje disponible promedio según los distintos períodos de estudio, en porcentaje (%)	65
33. Media de cobertura de malezas de campo sucio (MCS) para la interacción de historia de fertilización y período	66
34. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según el período.....	66
35. Cobertura de suelo descubierto (SD) remanente según historia de fertilización y dosis, en porcentaje (%).....	67

Figura No.

1. Croquis del área experimental por bloque y por tratamiento	29
2. Temperaturas media, máxima y mínima para el año 2019 y las medias del	

período 2002-2018	36
3. Precipitaciones mensuales del período de evaluación y promedio histórico 2002-2018 en milímetros (mm)	37
4. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (alm.) y evapotranspiración real (ETR) con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%), y períodos de déficit- excesos hídricos entre la primer década de junio y la tercer década de noviembre	38
5. Contribución relativa de GAI (TF) y GPE (TF) para los diferentes tratamientos	46
6. Contribución relativa de GAI (TF), GPI (TF) y GPE (TF) para los diferentes períodos	48
7. Contribución relativa de GAI (TF), GPI (TF) y GPE (TF) para los diferentes períodos	62

1. INTRODUCCIÓN

El campo natural uruguayo se caracteriza por ser el principal recurso forrajero, base del cual se sustenta la producción pecuaria, el mismo ocupa una superficie del 64% del territorio nacional (MGAP. DIEA, 2014). Los campos naturales del Uruguay integran una de las eco-regiones de pastizales más importantes del mundo, llamado Bioma Pampa o Campos (Jaurena et al., 2013).

El territorio uruguayo presenta un clima similar en toda su extensión, pero con gran diversidad de tipos de suelo, lo que genera una vegetación heterogénea y compleja determinada por la íntima relación suelo-planta, a su vez existe un cambio en la diversidad de la vegetación, ocasionada por la defoliación animal de forma selectiva sobre las especies más palatables (Milot et al., 1987).

Las principales limitantes que presenta el campo natural son: una marcada estacionalidad, con una muy baja producción invernal dado a las bajas temperaturas que retardan el crecimiento de las pasturas y a las altas cargas que debe soportar el sistema en dicha época, ausencia parcial de leguminosas explicado por el bajo contenido de fósforo en los suelos, predominancia de especies ordinarias como consecuencia del proceso de degradación que sufren las pasturas naturales a causa de un inapropiado manejo de pastoreo lo que trae consigo un aumento de malezas de mediano y alto porte y a su vez un incremento en suelo desnudo, los cuales resultan en una disminución de la superficie útil de pastoreo.

Para levantar dichas limitantes es necesario conocer los impactos que generan sobre la productividad del campo natural las diferentes medidas de manejo, como son los métodos e intensidad de pastoreo, la introducción de especies y la fertilización nitrogenada, para obtener buenos resultados en el corto, mediano y largo plazo, ya que es importante incrementar la producción tanto en cantidad como en calidad, corregir la marcada estacionalidad, aumentar la utilización y a su vez lograr conservar la diversidad biológica.

Debido a la compleja situación que viene atravesando la ganadería desde hace años, por la expansión agrícola, la cual implica la destrucción de las pasturas más productivas, es necesario contar con los máximos conocimientos de las distintas opciones tecnológicas que incrementen la producción para lograr mayor productividad por hectárea.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta del campo natural a niveles de fertilización nitrogenada y/o agregado de leguminosas bajo pastoreo rotativo de vacunos en el período invierno-primaveral.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar la respuesta de la producción de forraje del campo natural al agregado de nitrógeno y/o mejoramiento con leguminosas.

Evaluar los cambios en composición botánica del campo natural bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada y/o mejoramiento con leguminosas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL

Las pasturas naturales del Uruguay son parte del Bioma Pampa o Campos, la cual es una de las eco-regiones de pastizales más importantes del mundo (Pallares et al., 2000), caracterizada por su gran diversidad de especies vegetales y animales lo que genera estabilidad productiva (Jaurena et al., 2013).

Las pasturas naturales se caracterizan por su multifuncionalidad, constituyendo el recubrimiento protector contra la erosión de suelos, contribuyendo al mantenimiento de sus propiedades físicas, calidad y biomasa, mejorando el ciclo de nutrientes y energía, así como también la calidad del agua y la biodiversidad (Risso, 2005). A su vez, favorecen a mitigar el efecto invernadero mediante el secuestro de carbono, absorbiendo metano y reduciendo las emisiones de óxido nitroso (Boggiano, 2003).

Según Carámbula (1996) las diferentes texturas, profundidades y niveles de fertilidad de los distintos suelos, afectan no solo la productividad sino también modifican el balance entre especies y por ende la distribución estacional, así mismo la producción anual es muy variable y depende de las precipitaciones estacionales (Castro, citado por Bemhaja, 1994).

La estacionalidad en el campo natural uruguayo es muy marcada, la menor producción de forraje se observa en invierno, con muy escasa presencia de especies tiernas y finas (Berretta et al., 2001), esto es debido a las bajas temperaturas y al sobrepastoreo ejercido por los animales sobre las especies invernales más productivas (Carámbula, citado por Rovira, 2008). De igual modo, esta situación se ve agravada por los altos gastos de energía de los animales, causa no solo de las condiciones climáticas desfavorables (fríos, heladas, temporales) sino también, por los mayores requerimientos nutritivos, ya que dicha época coincide por lo general con los procesos fisiológicos de gestación y lactación (Carámbula, 1996). Por el contrario las especies estivales escapan a dicho efecto nocivo, ya que presentan un rebrote atrasado en primavera y su primer crecimiento se produce en un ambiente muy favorable, justo cuando se da exceso de forraje (Rovira, 2008). Por lo que las pasturas más abundantes tienen un ciclo que abarca desde la primavera al otoño, con menor producción invernal, dado por la desaparición de especies productivas como son *Bromus auleticus*, *Bromus catharticus* y *Poa lanígera* (Carámbula, 1991).

Las especies predominantes del campo natural son gramíneas estivales perennes presentes en un 80-85%, de baja calidad a causa del mal manejo que han sido sometidas por muchas décadas, por lo que se ve limitado el potencial de producción de dichas especies (Bermúdez y Ayala, 2005). Poseen además escasas especies invernales y baja

frecuencia de leguminosas nativas (Berretta et al., 2001). El rendimiento de las pasturas en cuanto a cantidad y calidad es afectado en forma notoria por la baja contribución de leguminosas, lo cual es explicado fundamentalmente por el bajo contenido de fósforo en los suelos, con una oferta máxima aproximada de 9,0 ppm (Carámbula, 1996). Las especies de tipo C4 (estivales) son más eficientes en el uso del nitrógeno y el agua que las especies del tipo C3 (invernales) por lo que poseen mayor adaptación a suelos de baja fertilidad y sequía. Esto confirma el comportamiento de que en suelos más fértiles y profundos existan pasturas más equilibradas en cuanto a estacionalidad, con una entrega invernal de forraje relativamente superior a la de los suelos pobres (Carámbula, 1996). Por otra parte, el sobrepastoreo y el manejo inadecuado de las pasturas naturales ha desplazado la dominancia de especies tiernas y finas por especies ordinarias y malezas, lo cual constituye un proceso de degradación (Rovira, 2008).

Los géneros de gramíneas invernales más destacables son: *Agrostis*, *Briza*, *Bromus*, *Chascolytrum*, *Danthonia*, *Hordeum*, *Lolium*, *Melica*, *Piptochaetium*, *Poa*, *Stipa* y *Vulpia*. Entre los principales géneros de gramíneas estivales deben citarse: *Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Bothriocloa*, *Bouteloua*, *Chloris*, *Coelorhachis*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Eleusine*, *Eragrostis*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium*, *Setaria* y *Sporobolus*. Las leguminosas se destacan sólo algunos géneros como *Adesmia bicolor* y *Medicago polymorpha* en suelos fértiles, donde llegan a ser productivas. La especie más extendida del país es *Trifolium polymorphum*, muy adaptada a los diferentes tipos de suelos. El grupo de malezas comprende desde malezas enanas indicadoras de etapas avanzadas de degradación, hasta malezas de alto porte típicas de campo sucio (Carámbula, 1996).

Según García, citado por Rovira (2008) los valores estimados de digestibilidad de las pasturas naturales del Uruguay van de 55, 58, 62, 48% para el otoño, invierno, primavera y verano respectivamente. Valores menores a 50% como ocurre en verano determinan consumo insuficiente por parte de los animales para suplir sus necesidades de producción. La baja digestibilidad es explicada por la predominancia de especies estivales (C4) las cuales presentan menores niveles de digestibilidad que las invernales, siendo estas de metabolismo C3 (Carámbula, 1996). Según Millot et al. (1987) esto es a causa de aspectos morfológicos y fisiológicos propios de las especies C4. Como lo menciona Carámbula (2006), la proteína cruda presenta valores mínimos durante el verano (8,4%), mientras que los valores más altos se registran en invierno (12,5%). Según Carámbula, citado por Rovira (2008) el porcentaje de proteína no debería ser inferior a 7% ya que de esta forma no provocaría carencias en los animales.

Debido a las importantes características del campo natural y a pesar de las limitaciones por estacionalidad, cantidad y calidad de forraje, son una importante fuente de origen de proteína y fibra en el país (Risso, 2005), además de que su valor nutritivo no resulta problema en la mayoría de los casos (Carámbula, 1996).

2.2. EFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA COMUNIDAD DEL CAMPO NATURAL

La dotación, el método de pastoreo y la relación lanar/vacuno son las tres variables principales del pastoreo que afectan la composición botánica y la productividad de las pasturas (Berretta, 2005b).

La falta de humedad y las bajas temperaturas limitan el crecimiento de las pasturas, por lo que es necesario el desarrollo de un criterio de carga óptima que permita la preservación del forraje que será utilizado en los momentos de déficit (Berretta et al., 2001).

Un manejo del pastoreo ordenado puede beneficiar a la biodiversidad e incrementar la capacidad productiva de las pasturas en el largo plazo. Por lo tanto el pastoreo controlado es fundamental para el mantenimiento de la biodiversidad, ya que al disminuir la cubierta y la dominancia de las pasturas se promueve la invasión de especies (Dorrough, citado por Boggiano y Berretta, 2006).

Cuando la dotación excede la capacidad de carga, habitualmente se produce un cambio en la composición de una comunidad vegetal, que pasa a otra de menor productividad o de menor valor nutricional para los animales, esto está asociado a cambios en los tipos vegetativos. En los casos que se dan pastoreos con cargas rotativas las especies dominantes son cespitosas, ya que las de bajo porte y arrosetadas tienden a reducirse bajo estas condiciones (Berretta, 2005b).

La carga animal puede afectar de diferente manera a las distintas especies, dependiendo del potencial de la pastura. Si la carga es relativamente alta (1,1UG/ha) existe un efecto negativo sobre el número de especies, en comparación con cargas menores (0,8 UG/ha), en pastoreos con carga continua y relación lanar/vacuno de 2/1. A igual dotación y relación lanar/vacuno existe un efecto del método de pastoreo con respecto al número de especies, siendo mayor con cargas rotativas en comparación a la continua, con períodos de descanso prolongados aumentan los pastos ordinarios cespitosos (Berretta, 2009).

Los períodos de descanso adecuados entre pastoreos permiten que las plantas se recuperen mejor, además de que su rebrote no es comido inmediatamente, de esta forma hay mayor cantidad de tejido fotosintético que permite acumular reservas y tener la capacidad de sobrevivir frente a las defoliaciones; por otra parte, los períodos de descanso entre pastoreos favorecen a la floración y semillazón de las especies presentes (Berretta, 2005b).

El sobrepastoreo lleva a la degradación de las pasturas. La utilización de la pastura intensa y frecuente (cortes cada 30 días a 2,5 cm) ocasiona pérdida de especies y ecotipos de las gramíneas cespitosas de mayor valor pastoral, estas son reemplazadas por malezas enanas, suelo desnudo y gramíneas de menor productividad como las postradas que están adaptadas al sobrepastoreo, con una mejora en la relación verde/seco. Además el sobrepastoreo tiende a la reducción y desaparición de especies invernales más palatables y productivas en gran parte de áreas de pasturas naturales. Por otra parte, cuando el manejo es aliviado (cortes cada 90 días a 7,5 cm) aumenta la contribución de gramíneas erectas de todos los tipos productivos, lo que favorece al incremento de la diversidad de especies, pero, consecuentemente se da un aumento en la acumulación de restos secos. En campos de Basalto donde las especies de pastos finos presentan contribuciones muchas veces mayor al 20%, se ha comprobado una rápida recuperación de la población de especies mencionadas anteriormente (Díaz et al., 2008).

2.2.1. Efecto del pastoreo sobre la producción y estacionalidad del forraje

El invierno es la estación más crítica del año en cuanto a producción de forraje debido a las bajas temperaturas, que en consecuencia retardan el crecimiento de las pasturas, sumándose las altas cargas que soportan en dicha época (Carámbula, 1991). Por su parte, Berretta et al. (2001) indican que dada a la variabilidad estacional en cuanto a la producción, cargas altas por períodos prolongados, generan un debilitamiento de la vegetación consumida por los animales, volviéndose más vulnerables frente a inclemencias climáticas, lo que ocasiona una disminución en la productividad tanto primaria como secundaria.

Para promover especies invernales, los períodos de descanso deben ser más largos en invierno y principios de primavera, y más cortos en verano (Boggiano et al., 2005), ya que se debe permitir la floración y semillazón, de lo contrario pastoreos con mayor carga y frecuencia durante el verano permiten la reducción de pastos duros y ordinarios que son de ciclo estival (Berretta, 1998c).

La intensidad de pastoreo a través del consumo animal afecta la producción de MS, dado que la tasa de rebrote es dependiente de la cantidad de puntos de crecimiento activos que posee la pastura posterior a su defoliación. Es habitual en primavera los pastoreos frecuentes debido a las altas TC de la pastura, lo que condiciona el potencial de producción de la misma (Formoso, 1996).

Setelich, citado por Soares et al. (2005) observó que con OF (kgMS/100kgPV/día) bajas en el verano se obtuvieron las tasas más altas de producción de forraje, lo contrario sucede en invierno, mientras que en otoño hubo un comportamiento intermedio entre las estaciones que se mencionan anteriormente. La mayor acumulación

de materia seca se da en primavera y verano en comparación a la menor acumulación de materia seca en otoño-invierno con bajas y altas OF respectivamente.

Donald, citado por Chapman y Lemaire (1993) señala que cuanto mayor es el IAF de una pastura, mayor será la proporción de la radiación incidente que intercepta la canopia, y durante el rebrote, aumenta la tasa de crecimiento de la pastura hasta que se intercepta el 95% de la luz incidente. Brougham y Black, citados por Chapman y Lemaire (1993) definen este momento como el IAF óptimo, el mismo varía con la estación del año y las especies presentes, es mayor en primavera y verano ya que las intensidades de luz son superiores. Según estudios realizados por Maraschin et al. (1997), Nabinger et al. (2011) la eficiencia en el uso de la radiación solar destinada a la producción de pasto aumentó un 80% cuando se pasaba de una oferta de forraje de 4% PV a una de 12% PV.

Según Simpson y Culvenor, citados por Formoso (1996) la defoliación genera una disponibilidad baja de energía para la planta por la disminución de la actividad fotosintética, lo que establece que la producción potencial de cada vegetación admita una capacidad de carga determinada. A su vez, Nabinger (1996) señala que en un experimento realizado en Rio grande do Sul, se obtuvieron las mayores producciones de MS con ofertas de forraje variables, 8% de PV por día en primavera y 12% de PV por día el resto del año, obteniendo también las mayores GMD con dichas ofertas. Tanto en primavera como en verano y otoño se observa una respuesta cuadrática en relación con la GMD (Soares et al., 2005).

El manejo rotativo del pastoreo presenta ciertas ventajas en cuanto a la mayor producción y utilización de forraje, ya que admite altas cargas y mejor comportamiento animal, esto a su vez depende de varios factores, el tipo de pastura y la dotación empleada son los más importantes. Al concentrar altas cargas instantáneas se promueve una mayor utilización, disminuyendo la selectividad animal, pero se compromete el desempeño individual, a su vez se da mayor ganancia por hectárea en respuesta al aumento del número de animales (Millot et al., 1987).

En un experimento, Carámbula et al. (1998) determinan que con períodos de descanso de 60 días, se promueve a una mayor producción de forraje y una óptima utilización. Boggiano et al. (2005) evaluaron el efecto del pastoreo rotativo a distintas frecuencias, sobre suelos de la Unidad San Manuel donde se encontró aumento en la producción de forraje con períodos de descanso mayores a 20 días. Cuando el pastoreo se hace menos frecuente (40 a 80 días) no se observaron grandes diferencias en la producción total de forraje, a pesar de que se incrementó la producción invernal sin verse afectada la calidad de la pastura. Según Bermúdez y Ayala (2005) durante la primavera, la producción de forraje aumenta al disminuir la frecuencia hasta los 90 días y a su vez constatan que el grado de intensidad no tiene resultado significativo sobre la misma.

Millot et al. (1987) señalan que el pastoreo continuo es aquel que mantiene un número de animales más o menos fijos en un potrero durante todo el año. Es posible lograr buenas producciones animales con este método de pastoreo, pero es necesario un ajuste adecuado de la dotación según la producción de forraje, dado que si el manejo se da en condición de dotación excesiva, disponibilidad reducida o tapiz heterogéneo puede llevar a que se produzca una defoliación severa.

Las producciones de forraje tanto en pastoreo continuo como en rotativo son similares, sin embargo se constata que en el continuo las especies estivales están en mayor proporción que las invernales. El pastoreo rotativo presenta ventajas frente al pastoreo continuo en cuanto a evitar presencia de suelo descubierto, ya que el período de descanso permite que la pastura se recupere más rápido, sin embargo en el pastoreo rotativo puede ocurrir mayor acumulación de restos secos, debido a que determinadas especies pueden presentar alta TAF y baja VMF las cuales no son consumidas por los animales en los períodos de descanso (Berretta y Levratto, 1990).

A menores cargas, aumenta el volumen rechazado, por lo que aumenta el % de restos secos dado a la menor intensidad de pastoreo, por lo que las asignaciones de forraje son más elevadas obteniendo una alta productividad por animal. La producción animal por hectárea se incrementa a medida que aumenta la dotación, debido a la mayor utilización de la pastura (Mott, 1960).

Pizzio y Royo (1998) en un experimento durante 9 años, evaluaron 3 dotaciones (0,83, 1,13 y 1,48 vaquillonas/ha/año), a alta intensidad de pastoreo, la disponibilidad de MS se vio afectada de forma significativa, comenzando a hacerse crítica a partir del quinto año y en el octavo año la disponibilidad es casi nula, condicionado además por las inclemencias climáticas. En otro experimento similar al anterior con intensidades de 0,8, 1,06 y 1,33 novillos/ha/año, también se observa que la disponibilidad de MS disminuyó considerablemente al utilizar altas dotaciones, donde en el quinto año se evidencia 100 kg/ha de MS, 25% de suelo descubierto y ausencia de mantillo. En contraste, Hart et al. (1988) durante 7 años de estudio, utilizando distintas intensidades de pastoreo no encontraron diferencias significativas en cuanto a la producción de forraje, la diferencia encontrada entre años estuvo asociada a la cantidad y distribución de las precipitaciones.

2.2.2. Efecto del pastoreo en la composición botánica

El forraje que no es consumido por los animales reduce el área de pastoreo aprovechable, ya que el forraje rechazado se endurece. Además determinadas áreas son sobrepastoreadas, dado que los animales las visitan frecuentemente y pastorean las especies más apetecidas, por ende emergen hierbas enanas. La altura, estructura, disponibilidad y la composición botánica del tapiz, se ven afectadas en el mediano y corto plazo, ya que cuando se generan situaciones de sub y sobre pastoreo dadas de manera simultánea, con carga constante, se determinan cambios en la presión de pastoreo que se observan como cambios en la frecuencia e intensidad de defoliación de plantas o grupos de plantas (Morley, citado por Soca et al., 1998). Con altas intensidades de pastoreo se incrementan las gramíneas, donde el rebrote de las mismas es fotosintéticamente más activo debido a que está compuesto por hojas jóvenes (Maraschin y Mott, 1989).

En un experimento realizado por Berreta (1996), se observa que con pastoreo continuo, dotación de 0,8 UG/ha y relación L/V de 2/1, no se presentaron mayores cambios en la vegetación. Siguiendo con el mismo método de pastoreo e incrementando la dotación a 1 UG/ha, se comienzan a visualizar cambios, aumenta la frecuencia de hierbas enanas, pastos de bajo porte y estoloníferos. Al mantener el mismo método de pastoreo y dotación pero con un cambio en la relación L/V de 5/1, se sustituye las especies productivas por especies menos productivas, cespitosas como *Andropogon ternatus*, *Coelorhachis selloana*, *Paspalum plicatulum* y *Stipa setigera* y se reducen especies con hábito de crecimiento postrado como son *Chevreulia sarmentosa*, *Paspalum notatum* y *Trifolium polymorphum*. No se presentan diferencias entre las distintas relaciones L/V cuando se utiliza el método de pastoreo rotativo y dotación de 1 UG/ha, en estas condiciones las especies que dominan son cespitosas ya que las especies de bajo porte y arrosetadas disminuyen. Por otra parte, especies tierno-ordinarias y ordinarias como *Andropogon ternatus*, *Aristida uruguayensis*, *Paspalum plicatulum* y *Schizachyrium spicatum* aumentan su frecuencia como resultado de un período de descanso excesivo (60 días).

Dada la heterogeneidad del campo natural, es posible que los animales puedan ejercer selección cuando el pastoreo no es controlado, de esta manera se verán afectadas las especies de mayor productividad, debido a la defoliación continua que sufren dichas especies (Millot et al., 1987). A su vez McNaughton, citado por Berretta (1996) coincide que las zonas donde la pastura es de mayor calidad, los animales tienden a pastorear con mayor frecuencia.

No se encontraron grandes diferencias en cuanto a la calidad y la producción total de la pastura con períodos de descanso invernal entre 40 y 80 días, por otra parte en cuanto a la producción en este período se observaron incrementos cuando se utilizaron períodos de descanso más prolongados. Los períodos de descanso permiten un aumento en la

contribución de las especies finas, destacándose *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum* y *Stipa setigera*, desplazando por efecto del sombreado especies postradas y hierbas enanas. A su vez se reduce la contribución de pastos estoloníferos tiernos como es el caso de *Paspalum notatum*. Al utilizar períodos de descanso prolongados y altas cargas instantáneas se limita la selección animal, por lo que se observa una disminución en especies no palatables como: *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eryngium horridum* y *Eupatorium bunifolium* (Boggiano et al., 2005).

Por otro lado, en el período primavero-estival Boggiano et al. (2005) observan una mayor producción de forraje dado por la aparición de especies estivales, las cuales poseen mayor tamaño, sombreado y desplazando a las especies invernales, lo cual determina una disminución en la calidad. Se requiere un ajuste en el período de descanso de forma estacional, con el objetivo de incrementar la producción de forraje sin descuidar la calidad. De este modo la utilización de 40 días de descanso en primavera y verano y 60 días en invierno entre pastoreos es lo recomendado por los autores.

2.2.3. Efecto del control de la oferta de forraje (%) sobre la productividad

La oferta de forraje es definida como los kg de MS por kg de peso vivo animal, contribuye controlando la intensidad de pastoreo mediante la relación de cantidad de forraje y carga animal en kg/ha (Gómez y Do Carmo, 2019).

El pastoreo puede modificar la producción de forraje a través de la regulación de su crecimiento, por lo cual es necesario conocer diferentes combinaciones en intensidad y frecuencia de defoliación para evitar el deterioro de la pastura e incitar a una adecuada productividad (Nabinger et al., 2007). Mayores ofertas de forraje permiten un pastoreo selectivo, en consecuencia habrá una menor utilización de la pastura, lo que hace propicio el desarrollo de malezas de campo sucio y el endurecimiento del forraje que es rechazado (Poppi et al., 1987).

Hodgson (1984) expresa que las recomendaciones de OF están basadas en el corto plazo, con el objetivo de lograr llegar a resultados de desempeño animal específicos, es importante en lo que respecta a todo el sistema, contemplando además el impacto en las condiciones de la pastura y su producción. Es más eficaz cuando se utiliza en cortos períodos de tiempo (1 a 3 días de pastoreo) comparado a cuando los períodos de pastoreo son largos, debido a que la tasa de crecimiento de la pastura es un factor a tener en cuenta para estimar la oferta y en dicho período es significativo.

Heitschmidt y Walker (1997) por lo tanto, sugieren el ajuste estacional en la demanda de forraje para controlar la presión de pastoreo desde niveles de cero, moderado y continuo hasta altas presiones de pastoreo rotativo. Berretta (1996) coincide que para lograr estabilidad y resiliencia en los ecosistemas pratenses se debe ajustar la OF según el

potencial de la pastura debido a la variación estacional y considerar períodos de descanso entre pastoreos.

La estructura horizontal del campo natural es afectada según la OF con la cual se trabaje, con OF de 4% el área cubierta por maciegas es muy bajo, así como también puede estar restringida la cantidad de MS y la altura de la pastura lo que limita el consumo animal, mientras que con OF altas pueden encontrarse entre un 35 y 40% de maciegas lo que lleva a un 60% de área efectiva de pastoreo (Carvalho et al., 2007). Con OF de 8% en primavera y 12% todo el año es posible recuperar un 10% del área efectiva sin perjudicar la MS ni la altura de la pastura (Santos, 2007). Con pastoreos más intensos se logra cosechar el estrato inferior de la pastura, lo cual no es posible cuando los pastoreos son más aliviados ya que en este caso al cosechar sólo el estrato superior se envejece la pastura por lo que se produce pérdida de MS (Ayala y Bermúdez, 2005).

Bajas ofertas de forraje necesitan más tiempo para que la pastura llegue a un IAF suficiente para interceptar la mayor parte de la radiación incidente con respecto a mayores ofertas de forraje, por lo tanto la producción de forraje será mayor con altas ofertas cuando los períodos de descanso son fijos (Brougham, citado por Nabinger, 1998). Respecto a esto Chapman y Lemaire (1993) recomiendan realizar ajustes en el período de descanso respecto a la OF utilizada.

McNaughton et al., citados por Ferraro y Oosterheld (2002) señalan que la defoliación genera un efecto negativo en la TC o biomasa final que es menos que proporcional a la remoción de la biomasa verde, a su vez Georgiadis et al., Alward y Joern, Hicks y Reader, citados por Ferraro y Oosterheld (2002) explican que esto podría estar dado por el efecto del crecimiento compensatorio y que el mismo está asociado al nivel nutricional de la pastura.

Reffatti et al. (2008) señalan que mediante el ajuste de la OF a lo largo del año se permite alcanzar el potencial de producción de forraje del campo natural. Con ofertas de forraje de 12% durante todo el año y 8% en primavera se obtuvieron las mayores tasas de crecimiento (15 kg/ha/día de MS) resultando en la mayor producción de forraje anual (4402 kg/ha de MS). En cambio cuando el pastoreo es intenso durante todo el año, trabajando con 4% de OF es donde se obtiene la menor tasa de crecimiento (2 kg/ha/día de MS). Aguinaga et al. (2004), coinciden que la mayor producción de forraje se obtiene con las mismas ofertas mencionadas anteriormente para las mismas épocas del año, a su vez señalan que esa mayor producción anual está dada principalmente por la mayor intensidad de pastoreo en la primavera, lo cual modifica la estructura de la pastura hacia el verano obteniendo un IAF compuesto por hojas nuevas generando mayor eficiencia fotosintética.

Maraschin et al. (1997) encontraron que la productividad fue mínima cuando se realizaron pastoreos intensos de 4% de OF (2075 kg/ha de MS), a medida que aumenta la oferta a valores de 8 y 12% la productividad se incrementó a 3488 y 3723 kg/ha de MS respectivamente, mientras que cuando la oferta se continuó aumentando (16%) la productividad tiende a decaer alcanzando valores de 3393 kg/ha de MS, con dichas ofertas (4, 8, 12 y 16%) se obtienen ganancias por hectárea de PV de 78, 132, 145 y 116,5 kg lo que muestra la misma tendencia tanto para productividad primaria como secundaria.

Soares et al. (2005) reafirman que con ajustes en la OF a lo largo del año es posible lograr el potencial de producción de forraje, lo que trae como consecuencia mejoras en la performance animal en comparación con ofertas fijas, este ajuste tiene alto impacto en la estación de mayor déficit forrajero. A su vez McNaughton, citado por Berretta (1996) indica que el mayor problema para definir una carga óptima se debe a la necesidad de diferir el forraje hacia estaciones en las cuales se presenta mayor déficit forrajero tanto por falta de humedad o bajas temperaturas. Holechek et al., Heady y Child, citados por Berretta (1996) reafirman que la decisión de manejo más importante es determinar la dotación que más se adapta a cada tipo de campo, con el objetivo de evitar deteriorar el ecosistema alcanzando el comportamiento animal deseado.

Symonds (1982) señala que no es posible maximizar al mismo tiempo el rendimiento animal por hectárea y la máxima ganancia de peso individual, por lo que se debe encontrar el equilibrio adecuado entre ambos factores. Para primavera, verano y principios a mediados de otoño se considera un rango óptimo de oferta de forraje donde se obtienen respuestas de equilibrio deseadas entre la ganancia media diaria por animal y la ganancia por hectárea (11,5 y 13,5% OF) promoviendo la productividad y sustentabilidad de la pastura (Maraschin, 1998). De acuerdo con Heitschmidt et al. (1989) los pastoreos más intensos generan mayor variabilidad en la producción de carne en relación a pastoreos moderados.

2.3. RESPUESTA DEL CAMPO NATURAL AL AGREGADO DE NUTRIENTES Y/O LEGUMINOSAS

Según Carámbula (1996) la producción animal no se ve satisfecha con el uso de pasturas naturales por sí sola, así como también el redito económico es más bajo de lo esperado, debido a que el crecimiento del campo natural está limitado por la deficiencia de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo (Ayala y Carámbula, 1994).

La mayoría de las pasturas naturales tienen una baja proporción de leguminosas, lo que limita obtener mejores niveles de productividad secundaria, mediante la inclusión de leguminosas forrajeras se han logrado conseguir mejoramientos persistentes (Jaurena et al., 2005). Es necesario permitir a las especies introducidas que florezcan y semillen para que la pastura se mantenga, mediante un alivio del pastoreo hacia fines de la

primavera, para asegurar su rebrote en el otoño siguiente, ya que en el caso de leguminosas perennes pasan el verano como plantas, mientras que las anuales pasan como semillas (Berretta et al., 2001).

El agregado de leguminosas y la fertilización son una opción en cuanto al aumento en la producción y calidad de forraje (Zamalvide, 1998). Se destaca que con dichos mejoramientos es posible alcanzar rendimientos similares a los de las pasturas sembradas, donde se logra un costo de materia seca menor por unidad producida (Carámbula, 1996).

Según Carámbula (1977), Berretta (1998a) la introducción de leguminosas incorpora nitrógeno al suelo, aunque de manera más lenta, a través de la fijación biológica. Un efecto indirecto de aumentar el contenido de nitrógeno en el suelo provoca que las especies nativas más productivas aumenten su frecuencia (Millot et al., 1987). A su vez, Carámbula (1992) indica que aumentando la fertilidad del suelo se producen cambios graduales en la composición botánica a favor de las especies C3.

Varios estudios realizados por Cardoso et al., citados por Ayala y Bendersky (2017) en los cuales se analizó la respuesta de la productividad primaria de las comunidades ante la fertilización, demuestran que estas no están mayormente limitadas por la disponibilidad de fósforo, mientras que el N resulta un factor más limitante. El agregado nitrógeno junto con fósforo es más eficiente, que la aplicación de ambos nutrientes por separado. El nitrógeno es uno de los elementos principales dado a que el componente predominante de las pasturas naturales son las gramíneas (Ayala y Carámbula, 1994). Por su parte, Mazzanti y Lemaire (1994) indican que el nitrógeno afecta la morfología y fisiología de las especies forrajeras en especial a las gramíneas ya que aumenta la tasa de elongación y de aparición foliar, lo que en consecuencia incrementa la densidad de macollos.

Zamalvide (1998) destaca que la mejor alternativa ante un imprevisto de necesidad de forraje sería la fertilización con nitrógeno y fósforo comparándolo con la incorporación de leguminosas, a pesar de que la aplicación de nitrógeno y fósforo a las pasturas es un proceso relativamente lento, en el primer año se comienza a visualizar los efectos del aumento en los niveles tróficos, incrementando la respuesta con el continuo agregado de nutrientes (Berretta et al., 1998b).

El campo natural fertilizado con nitrógeno y fósforo tiene una producción de forraje 60% superior a la de un campo sin fertilizar, dicha fertilización promueve el aumento de la frecuencia relativa de las especies invernales en las distintas estaciones del año. Cuando las especies invernales perennes están en una frecuencia relativa mayor o igual a 20% se justifica la aplicación de fertilizante (N y P₂O₅), en forma fraccionada. Para favorecer el rebrote y crecimiento de pastos invernales así como también la mayor

extensión del período de crecimiento de pastos estivales, es recomendable la primera fertilización en otoño, mientras que una segunda aplicación a fines de invierno para favorecer el crecimiento de las invernales y el rebrote anticipado de las estivales (Berretta, 2005b). En pasturas naturales que presentan alta contribución de gramíneas invernales, con una dosis de 100 kg/ha/año de N, se obtuvo un incremento de 44% en la producción de materia seca (Rodríguez Palma, 1998).

Estudios realizados por Ayala y Carámbula (1994) demostraron que aplicar 80 kg/ha/N por estación en comparación con 40 lleva a pérdidas del nutriente, determinando una baja eficiencia de utilización ya que la pastura natural es incapaz de aprovechar el nitrógeno cuando es aplicado en cantidades elevadas.

El uso de nitrógeno tiende a incrementar la estacionalidad del campo natural cuando la pastura está compuesta principalmente por especies estivales, dado que estas presentan mayor eficiencia en cuanto a la fotosíntesis, uso de agua y de nitrógeno. La utilización del nitrógeno en invierno es baja debido a las condiciones climáticas como las bajas temperaturas, las heladas y el exceso hídrico, por lo tanto la producción de materia seca no es suficiente para cubrir las deficiencias nutricionales de los animales (Ayala y Carámbula, 1994).

Las fertilizaciones tempranas en el otoño permiten diferir el forraje en pie para lograr cubrir el déficit invernal (Millot et al., 1987). Por otro lado, Díaz-Zorita (1997) menciona que es posible modificar la distribución anual de forraje, cubriendo parcialmente el déficit invernal, utilizando el nitrógeno como herramienta de manejo.

A su vez, es importante un correcto manejo del pastoreo para que no exista acumulación de restos secos en campos fertilizados si se compara con los no fertilizados, ya que en los primeros, al aumentar la oferta de forraje en la primavera puede ocurrir una mayor acumulación de restos secos a causa de una alta tasa de senescencia (Lemaire, 1997).

Carámbula (1996) apunta a que los mejoramientos de campo natural son capaces de duplicar o triplicar la producción de forraje, sin provocar grandes disturbios en el entorno natural y el equilibrio de las especies. Al mismo tiempo, Boggiano y Berretta (2006) indican que pueden incrementarse el número de especies e incluso el valor forrajero cuando se fertiliza o se introducen leguminosas, destacándose el aumento de pastos finos y tierno-fino y la disminución en forma notoria de los pastos ordinarios que están adaptados a ambientes pobres (Berretta et al., 2001). En cuanto a la calidad de la pastura, la misma es mayor con el mejoramiento, debido en gran parte por la incorporación de leguminosas, y al aumento indirecto de las gramíneas invernales, disminuyendo la fibra y aumentando la proteína cruda, a pesar de que los mejores valores de proteína y fibra se obtienen con la intersemebra de leguminosas (Bemhaja, 1996). El agregado de nitrógeno

modifica el balance de especies invernales/estivales, lo que permite incrementar las primeras, las cuales son de mayor calidad (Boggiano et al., 2005). Rovira (2008) asegura que en un campo natural mejorado el porcentaje de digestibilidad aumenta, lo que resulta en mayor calidad.

La estación de mayor déficit en cuanto a proteína cruda es el verano, pero es posible alcanzar valores de 10,6% y 14,3% en verano e invierno respectivamente cuando se realizan mejoramientos (Berretta et al., 2001), a su vez, Ayala y Carámbula (1994) encontraron valores promedios en otoño e invierno de 8,7 y 10,3% para un campo natural y un campo natural fertilizado con nitrógeno respectivamente. Según Buxton y Fales, citados por Bemhaja (1998c) con introducción de leguminosas es posible duplicar los valores de PC del campo natural en primavera pasando de 9 a 18%.

2.3.1. Efecto del nitrógeno en la productividad primaria (cambios en la composición botánica, distribución de la producción) y producción secundaria

En la mayoría de los suelos del Uruguay en condición de campo natural el contenido de nitrógeno total es alto, de todos modos, la mineralización anual se estima muy baja, por lo que no estará en forma disponible para las pasturas, explicado por la resistencia de la materia orgánica al ataque microbiano dado al no laboreo, lo que ocasiona que el nitrógeno no pase de forma orgánica a mineral (Zamalvide, 1998).

Las gramíneas y otras no leguminosas dependen del nitrógeno mineral del suelo, el cual se requiere para la producción de proteína y clorofila necesaria para el macollaje, elongación de la hoja, rebrote luego de un pastoreo y reproducción. En presencia de altas concentraciones de nitrato en el suelo, la fijación biológica del nitrógeno se ve limitada, de manera transitoria dado a que las gramíneas asociadas presentan altas demandas de nitrógeno (Bemhaja, 1994).

La composición, distribución y producción de forraje es afectada por el agregado de nitrógeno al campo natural (Berendse et al., Turnan y Chapin, citados por Bemhaja, 1996). Del mismo modo, un incremento en el nivel de fertilidad favorece a las especies que presentan mayor respuesta, las cuales se vuelven más competitivas (Ayala y Carámbula, 1994).

Según Ayala y Carámbula (1994) se observan incrementos importantes en la producción anual del campo natural cuando se fertiliza con nitrógeno estacionalmente, este incremento es de mayor magnitud si se agrega en conjunto con fósforo y potasio. Bemhaja et al. (1998d) encontraron que con agregados de 120 kg/ha de N la producción anual de forraje en el segundo año fue 83 % superior frente al testigo sin fertilizar. En concordancia a lo anterior, Berretta et al. (2001) afirman que fertilizaciones anuales de 90 kg/ha de nitrógeno y 44 kg/ha de fósforo, logran incrementar la producción de forraje con

una eficiencia de 7,5, 22,3 y 23,0 kg MS/kg de nutriente en el primer, segundo y tercer año respectivamente.

Estudios realizados durante 7 años, demuestran que es posible aumentar 29% la producción anual en el Norte de Uruguay con aplicaciones en otoño e invierno de 100 kg/ha, con incrementos en las tasas de crecimiento de un 40, 46 y 15% en invierno, primavera y verano respectivamente (Rodríguez Palma et al., citados por Ayala y Bendersky, 2017).

La aplicación de nitrógeno aumenta el rendimiento de la pastura, sin embargo las diferencias entre los tratamientos fertilizados y no fertilizados son menores cuando se realiza un pastoreo moderado en comparación a un pastoreo intenso (Rogler y Lorenz, 1957). Zanoniani et al. (2011) consideran que con ofertas bajas de 4,0% se favorece la producción de forraje con el agregado de fertilizante, en cambio con ofertas altas de 14%, a medida que aumenta la dosis de fertilizante reduce la producción, en concordancia la carga animal tiende a aumentar con menores ofertas de forraje y aumento en la dosis de nitrógeno, obteniendo la máxima carga con 4% de OF y 174 kg N/ha. Esto se debe a que con manejos más aliviados no es posible cosechar el forraje de los estratos inferiores de la pastura, mientras que con manejos más intensos se permite un aprovechamiento de dichos estratos, sin provocar envejecimiento de la pastura ni pérdida de MS producida (Ayala y Bermúdez, 2005).

Es posible obtener un rebrote más rápido, alcanzar antes el IAF óptimo cuando se agrega nitrógeno. Con manejos de baja carga se obtiene mayor IAF remanente, por lo tanto, por efecto del sombreado aumentan los restos secos, con pastoreos más intensos del forraje se logra obtener mayor acumulación de materia seca verde (Zanoniani et al., 2011). Del mismo modo, Álvarez et al. (2013) reafirman que con altas fertilizaciones y altas OF, la TC disminuye debido a que se genera sombreado, por lo tanto se produce senescencia del forraje y disminución de la eficiencia fotosintética.

Estudios realizados por Boggiano et al. (2005) sobre suelos de la Unidad San Manuel, en otoño-invierno, con interacción entre la fertilización nitrogenada y diferentes ofertas de forraje, muestran un efecto cuadrático con el agregado de nitrógeno y una interacción significativa con la OF, en las cuales es posible alcanzar producciones anuales superiores a los 8000 kg/ha de MS con 150 kg/ha de N y OF de 10% del PV, así mismo dosis superiores a la mencionada no permiten aumentos significativos en la producción total de forraje. Por el contrario, al reducir la fertilización con N, el efecto en la producción de forraje es positivo cuando se aumenta la OF. En invierno con 300 kg/ha de N y 4% de OF se obtuvo la máxima respuesta en MS (2000 kg/ha).

La nutrición nitrogenada afecta a las variables morfogenéticas como son la tasa de apariación foliar (TAF), la tasa de extensión foliar (TEF) y el tamaño foliar final (TFF).

Con la aplicación del nitrógeno, para las especies cespitosas la TEF y el TFF se incrementan tres o cuatro veces, mientras que la TAF disminuyó 20%, a diferencia de las especies estoloníferas, donde la aplicación incide en mayor medida en la TAF, con un menor impacto sobre la TEF y el TFF (Cruz y Boval, citados por Lemaire y Agnusdei, 2000).

Berretta et al. (2001) mencionan que las estaciones de mayor crecimiento de forraje son la primavera y verano, donde encontraron un crecimiento máximo en primavera de 19 kg MS/ha/día sin fertilizar, el cual se incrementó a 35 kg MS/ha/día cuando el mismo es fertilizado. A su vez en el otoño la tasa de crecimiento diario también es superior cuando se fertiliza, donde el crecimiento diario es mayor a 15 kg/ha/día de MS mientras que sin fertilizar se alcanza los 10 kg/ha/día de MS. En invierno, Berretta (2005b) señala una respuesta cercana al 100% superior en la tasa de crecimiento diaria cuando el campo es fertilizado, este efecto se amplifica en los inviernos con temperaturas elevadas.

En invierno, según Ayala y Carámbula (1994) se constata muy baja eficiencia en la utilización del nitrógeno (1,5 kg MS/kg N), mientras que en primavera y en verano los registros son mayores (14 kg MS/kg N). La frecuencia de defoliación también determina la eficiencia de utilización del nitrógeno, siendo mayor cuando el corte se realiza en una etapa avanzada del crecimiento. No se justifica utilizar dosis elevadas de nitrógeno en sistemas con pastoreo rotativo ya que pueden ser desperdiciadas cantidades importantes del nutriente que quedan en el suelo.

Sevrini y Zanoniani (2010) mencionan que las condiciones climáticas en primavera son óptimas, por lo tanto la limitante de crecimiento en esta estación es el aporte de nutrientes. Larratea y Soutto (2013) observaron en el tratamiento de 114 kg de N/ha, un 24% más de forraje en primavera en comparación al tratamiento de 60 kg de N/ha. Ambos niveles de intervención alcanzaron una relación altura/producción promedio en invierno-primavera de 170 kg/ha de MS por cm de altura, para gramíneas estivales postradas como el *Paspalum notatum* a medida que rebrotan, esta relación aumenta.

La época de aplicación de fertilizantes determina cambios en la composición botánica, aumentando la frecuencia de especies invernales con fertilizaciones a inicio de otoño y fin del invierno, esta última estimula la semillazon y floración de dichas especies (Berretta et al., 2001).

Con fertilización otoño invernal de nitrógeno y fósforo tienden a aumentar especies invernales productivas como *Adesmia bicolor*, *Piptochaetium stipoides*, *Poa lanigera*, *Stipa neesiana*, también los pastos productivos estivales como *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum*, además las leguminosas nativas se ven favorecidas aumentando su frecuencia, por el contrario los pastos ordinarios bajan su frecuencia con la fertilización ya que son especies que no están adaptadas a ambientes con buena

nutrición como son *Andropogon ternatus*, *Bothriochloa laguroides* y *Schizachyrium spicatum*. Especies como *Paspalum plicatulum* se ven más apetecidas por el ganado debido a la fertilización, por lo cual disminuye su frecuencia, la fertilización no tiene efecto en las malezas representadas por *Baccharis coridifolia*, *Baccharis trimera* y *Heimia sp.* (Berretta, 2005b).

Además, las especies ciperáceas tienden a aumentar con la fertilización nitrogenada y con el contenido de humedad en el suelo (Berretta et al., 1998b) contrario a lo observado por Gomes et al. (1998) los cuales destacan una reducción de las mismas por el efecto del agregado de N.

Con el agregado de nitrógeno se incrementan las especies anuales invernales en especial *Gaudinia fragilis* y *Vulpia australis*, debido a una intensa floración, este incremento es aún mayor cuando se aplica junto con fósforo y potasio (Ayala y Carámbula, 1994). En complemento a lo anterior, estudios realizados por Rodríguez Palma et al. (2004) concluyen que con 100 N aumenta un 25% las gramíneas invernales y se reducen un 29% las gramíneas estivales, 45% malezas de campo sucio y 38% hierbas menores, enanas y leguminosas en comparación a un campo sin fertilizar. El aumento de especies invernales, se da a bajas ofertas y a niveles crecientes de N según lo mencionado por Boggiano et al. (2005).

Se pueden lograr contribuciones de gramíneas invernales que tripliquen el aporte de las gramíneas estivales con dosis de 100 kg N/ha, debido a que especies como *Bromus auleticus* y *Stipa neesiana* maximizan la cantidad de plantas y macollos, con dosis mayores de nitrógeno las especies estivales se vuelven más competitivas, por ende se limita la respuesta de las invernales (Zanoniani et al., 2011). En este sentido, Larratea y Soutto (2013) estimaron que con el tratamiento de 114N es posible obtener un 10% más de gramíneas invernales, en relación al tratamiento de 60N, además un 18% más de gramíneas estivales principalmente *Paspalum notatum* con este último tratamiento, por ende con niveles altos de intervención de nitrógeno, se produce sustitución de especies lo que lleva a un tapiz más invernal.

Fernández Grecco et al. (1995) encontraron que fertilizar con 150 kg/ha de nitrógeno sobre una pastura conformada mayormente por *Lolium multiflorum*, *Bromus spp.* y *Stipa spp.*, se obtiene la mayor TC vegetal en los períodos de invierno y primavera. A su vez, especies invernales como *Bromus spp.* y *Stipa spp.* logran su mayor contribución con dosis intermedias (Zanoniani et al., 2011).

La fertilización nitrogenada del campo natural, estimula la producción de forraje, lo que permitirá un aumento en la carga, mejorando los niveles de productividad secundaria (Rodríguez Palma y Rodríguez, 2008).

Según Risso et al., citados por Berretta (2005b) es posible obtener una producción de peso vivo animal por unidad de superficie con fertilización nitrogenada de hasta tres veces más que la del campo natural sin fertilizar, por su parte Zamalvide (1998) explica, que un mayor contenido de N y P, promueve el afinamiento de las pasturas y en consecuencia aumenta la calidad de la misma.

Con dosis de 114 kg N/ha se obtienen producciones de peso vivo 17 % superiores en invierno y primavera en comparación con utilizar dosis de 60 kg N/ha (Larratea y Soutto, citados por Ayala y Bendersky, 2017). Por el contrario, Casalás et al. (2017) señalan que se obtiene una mayor ganancia individual con fertilizaciones de 60 kg/ha de N en comparación con 120 kg/ha de N por lo que no se justifica la aplicación de nitrógeno a dosis mayores.

Fertilizaciones en otoño-invierno durante 7 años, con 100 kg/ha de N permitieron aumentar la carga animal/ha en promedio en un 68%, sin afectar la ganancia individual, dado a la acumulación anual de forraje generado (Rodríguez Palma y Rodríguez, 2010), dicho experimento se continuó durante 7 años más por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017b), los cuales llegaron a los mismos resultados, las ganancias promedio diarias por animal fueron de 0,400 y 0,470 kg con 0 y 100 kg/ha de N respectivamente en el total de años evaluados, lo cual indica que con 100 kg/ha de N es posible aumentar la carga animal sin afectar la ganancia individual.

En un sistema de pastoreo rotativo con 14 días de pastoreo y 42 días de descanso, fertilizado con 92 kg/ha de N y 44 kg/ha de P₂O₅, las ganancias anuales en novillos son de 0,500 kg/animal/día aproximadamente cuando la dotación es de 0,9 UG/ha. Las ganancias tienden a disminuir cuando se aumenta la carga a 1,5 UG/ha obteniendo ganancias de 0,300 kg/animal/día, este resultado es similar a lo obtenido en el campo natural sin fertilizar con una dotación de 0,9 UG/ha (Berretta, 2005a).

2.3.2. Efecto del agregado de fósforo y leguminosas en la productividad primaria (cambios en la composición botánica, distribución de la producción) y producción secundaria

El agregado de fósforo y de semillas en especial leguminosas sobre el tapiz natural conforman las pasturas mejoradas, que contribuyen a la mejora en la calidad, al aumento en la producción total de forraje anual y tiende a paliar la crisis de forraje invernal (Rovira, 2008).

Los suelos de Uruguay presentan bajo contenido de fósforo, por lo que es necesario cubrir dichas deficiencias al momento de incorporar leguminosas, debido a que el bajo nivel de fósforo tiende a reducir el crecimiento, afectando la relación simbiótica y

fijación de nitrógeno así como también su persistencia (Mays et al., Chien et al., Quintero et al., citados por Risso et al., 2014).

Jaurena et al., citados por Ayala y Bendersky (2017) señalan que aplicando 80 kg de P₂O₅ en suelos de Basalto se logran incrementos de un 32% en el contenido de P del forraje en primavera. Además, existe una respuesta significativa a la fertilización de fósforo en invierno, dado a que las bajas temperaturas limitan su disponibilidad (Millot et al., 1987). El contenido de agua en el suelo también afecta la disponibilidad de P, donde situaciones de sequía prolongada, con una lluvia posterior promueve a una alta tasa de mineralización de la materia orgánica, lo cual aumenta la disponibilidad de N y en menor medida de P, en el caso de anegamiento en el horizonte A aumenta la disponibilidad de P, mientras duren estas condiciones (Zamalvide, 1998).

Según Boggiano y Berretta (2006) cuando se introducen especies leguminosas sin perturbar el tapiz vegetal, no se observa una disminución de la diversidad, sino que aumenta la frecuencia de las especies de mayor valor nutritivo. A su vez, Ayala y Bendersky (2017) afirman que la fertilización con P no va en detrimento de la diversidad, por otro lado fertilizaciones excesivas pueden provocar un desbalance a favor de la predominancia de leguminosas lo cual determina una reducción en la diversidad y en la riqueza de especies, lo que puede afectar la persistencia del mejoramiento (Jaurena et al., 2016).

Es posible obtener rendimientos entre dos a tres veces superiores en un campo natural mejorado con leguminosas. Las mismas logran congeniar con las gramíneas nativas, produciendo pasturas productivas y estables, manteniendo el equilibrio entre las especies y evitando la colonización de las malezas (Carámbula, 1992).

Estudios realizados por Risso, citado por Millot et al. (1987) en suelos sobre Cristalino, compara resultados de mejoramientos de campo natural con el agregado de fosfatos y de leguminosas observando incrementos notorios en la productividad de la pastura pasando de 2620 kg/ha/año en el CN a 7400 Kg/ha/año en el CNM.

Berretta (1998a) encontró en suelos de Basalto aumentos del rendimiento de forraje entre un 50 y 100% en campos con introducción de leguminosas en relación a una pastura natural sin mejorar, y observó que es posible triplicar la producción en invierno. Por su parte, Millot y Zanoniani, citados por Boggiano (2003) observaron para los campos naturales sobre Litoral, que la producción anual en las laderas se encuentra entre 4 y 6 toneladas por hectárea de MS, mientras los bajos mejorados con leguminosas superan las 10 toneladas por hectárea por año de MS.

Risso y Morón (1990) en un mejoramiento realizado en 1984, observaron que con la mezcla de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* se obtuvo la mayor producción de

forraje en el primer año respecto a otras mezclas y al campo natural. En el segundo año las condiciones climáticas fueron favorables, lo que determinó que se duplicará la producción con dicho mejoramiento.

La introducción de especies leguminosas junto con la fertilización y el manejo de pastoreo aumentan el nivel trófico del suelo, lo cual favorece al incremento de especies invernales finas y tiernas (Bemhaja y Berretta, 1991). Estas medidas colaboran con el aumento de especies nativas invernales como son *Adesmia bicolor*, *Piptochaetium stipoides* y *Stipa setigera*, además gramíneas subespontanea como *Lolium multiflorum*, también se observa un incremento en la frecuencia de gramíneas nativas estivales como *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum*. El mejoramiento logró incrementos mayores a 55% en la frecuencia relativa de las especies tiernas y finas (Risso et al., 2001).

Según Berretta y Levratto (1990) en los campos naturales sin mejoramiento, la contribución de especies finas no supera el 10%, lo cual es afirmado por Risso et al. (2002), quienes destacan que las especies finas se corresponden con 1% en campo natural, las tiernas 26%, los pastos ordinarios y hierbas enanas un 65%, en cambio en los mejoramientos es posible una contribución de 31% de especies finas, 15% de pastos tiernos, 6% de pastos duros y 3% de malezas. A su vez, luego de 5 años de comenzado el mejoramiento, Risso et al. (2002) constatan un aumento de 50% en la contribución específica de especies finas y tiernas finas, medidas en el período invernal.

Pallarés y Pizzio (1998) determinaron que los componentes de gramíneas nativas fueron similares tanto para campo natural como para campo natural mejorado, en este último se constata la mayor presencia de *Coelorhachis selloana*, *Paspalum almun*, *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatum*, *Sporobolus indicus* y *Stipa sp.*, mientras que en campo natural sin mejorar se registró mayor proporción de *Andropogon lateralis*, *Aristida venustula* y *Bothriochloa laguroides*.

En un experimento donde se aplicaron diferentes dosis de fósforo (40 y 80 unidades de P₂O₅), se observan las mayores diferencias en la contribución de leguminosas sembradas, donde un 66% representa el aporte de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* cuando la dosis es de 80 P₂O₅, mientras que para la dosis de 40 P₂O₅ solo representa un 52%, ocupado en mayor medida por *Trifolium pratense* en los niveles más bajos (Bemhaja, 1996).

Bemhaja (1998a) observó que en un campo natural con introducción de leguminosas y diferentes cargas, la tasa de crecimiento diaria se incrementa. En invierno es donde se observa el cambio más significativo, la autora destaca un aumento de 10,7 kg/ha/día de MS alcanzando los 18,0 kg/ha/día, debido a que es donde se visualiza el mayor aporte de leguminosas y especies invernales nativas, mientras que en primavera la tasa de crecimiento pasó de 14,8 a 31,0 kg/ha/día de MS.

Trabajos realizados sobre suelos de Cristalino Central, el cual fue mejorado con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*, muestran un aumento en la entrega de forraje invernal, observando el pasaje de 350 kg/ha de MS en campo natural hacia 900 kg/ha de MS en el campo natural mejorado (Risso y Morón, 1990). Contrario a esto, Carámbula (1996) observó que bajo el mismo tratamiento sobre suelos de la unidad Alférez, Treinta y Tres, se obtuvo baja producción invernal, elevada producción en otoño y primavera, y dependiendo de la disponibilidad de humedad en el suelo queda condicionada la entrega de forraje en el período estival.

La disponibilidad de fósforo en suelos de campo natural no es suficiente para cubrir los requerimientos de los animales (Carámbula, 1996). Esto es demostrado en estudios citados por Millot et al. (1987) ya que distintos relevamientos de muchos suelos del país, dieron en promedio 0,12% MS de fósforo y se considera que un animal en su dieta debe consumir no menos de 0,15% MS de fósforo.

Existen dos factores asociados al máximo consumo de leguminosas respecto a gramíneas, determinados por la mayor tasa de consumo y consumo por bocado a menor disponibilidad de forraje y por una alta tasa de pasaje en el rumen (Montossi et al., 1995). Esto explica que ante un mejoramiento con leguminosas se pueda alcanzar un consumo de hasta un 3% del peso vivo, mientras que cuando hay alta frecuencia de gramíneas, el consumo llega a ser 2,4 a 2,6% del peso vivo (Holmes, citado por Carámbula, 1996). Scholl et al., citados por Correa y Alvim Silva (1998) afirman que dado al aumento de la producción de forraje por la introducción de leguminosas, se puede lograr alcanzar ganancias de peso 5 veces superiores frente a un campo natural.

En el período invernal sobre campo natural según Ayala y Carámbula (1995) es esperable pérdidas de peso de 0,32 kg/animal/día, por el contrario, cuando el campo natural es mejorado se logran ganancias diarias por animal de 0,35 y 0,12 kg para carga baja y alta respectivamente. Para el período primaveral en campo natural se registra ganancias de 0,85 kg/animal/día, mientras que con mejoramiento, con carga alta se obtienen 1,18 kg/animal/día y 1,25 kg/animal/día con carga baja.

Cuando se realiza fertilización con fósforo y se agregan leguminosas (*Lotus corniculatus* y mezcla de *Trifolium repens* con *Lotus corniculatus*) se registran ganancias diarias de 0,58 a 0,63 kg/animal, lo que permite obtener producciones de carne de 300 kg/ha, en un período de utilización de la pastura de 280 días (Berretta et al., citados por Boggiano, 2003). De acuerdo con Risso (1998) con el mismo mejoramiento se obtienen ganancias de peso vivo entre 200 y más de 400 kg/ha/año para distintos manejos y categorías animales.

En un ensayo Pallarés y Pizzio (1998) sobre campo natural mejorado con leguminosas en el cual se utilizó pastoreo continuo con una carga de 0,80 novillos/ha/año, observaron que en el período primaveral es donde se obtienen las mayores diferencias en ganancia de peso respecto al campo natural sin mejorar, ganando en este último 50 kg mientras que en el mejorado logran ganancias de hasta 103 kg, en el período estival se registró una leve diferencia a favor del campo natural mejorado de 16 kg, por el contrario en otoño-invierno no se encontraron diferencias entre lotes.

2.3.3. Consecuencias en largo plazo sobre las comunidades del campo natural

Los mejoramientos de campo natural están condicionados por la persistencia del stand de plantas, lo cual determina la estabilidad de la pastura en el largo plazo, para ello es necesario la semillazon y reclutamiento por medio de un manejo adecuado de pastoreo (Ayala et al., 2001).

Es complejo apreciar el deterioro de una especie o plantas de una comunidad, ya que la degradación ocurre en un largo período de tiempo antes de ser notado y como consecuencia hay un descenso en la producción de forraje que será más difícil de corregir en este momento (Berretta, 1996).

Las diferencias en la composición botánica son las que en mayor medida explican los cambios de largo plazo en la producción estacional y total de forraje (Bemhaja, 1996). Esto trae como consecuencia variaciones en la presión de pastoreo a lo largo del tiempo lo cual afecta en la determinación de la OF (Heitschmidt y Walker, 1997).

Según Tilman (1993) la pérdida de biodiversidad en campo natural puede estar asociada a un aumento en la disponibilidad del nitrógeno, ocasionando una mayor vulnerabilidad de los sistemas frente a la invasión de especies exóticas (Melbourne et al., 2007). Además, Vitousek et al. (1997) destacan al nitrógeno como un nutriente capaz de modificar la acidez del suelo, exponer al campo natural a posible toxicidad por amonio, mayor susceptibilidad frente a factores de estrés como plagas y sequías, entre otros. De esta forma se ven favorecidas especies de rápido crecimiento, adaptadas a un ambiente de alta disponibilidad de nutrientes y capaces de competir por luz (Soons et al., 2016).

Según Larratea y Soutto (2013) la historia de fertilización con nitrógeno promueve a las especies anuales dejando un banco de semillas considerable, cuando se manejan altas cargas el portero presenta menor cobertura del suelo, por lo que tiende a estar más propenso al establecimiento de las mismas, durante su ciclo productivo (invierno-primavera) el suelo permanece cubierto, pero cuando el mismo finaliza comienza a aumentar el % de suelo desnudo por lo que se visualiza mayor proporción de especies no deseadas.

Cardoso et al. (2008) luego de 3 años de la última aplicación de nitrógeno observan un efecto residual, notando mayor frecuencia de especies anuales destacándose *Lolium multiflorum* en los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno.

A partir del cuarto año las fertilizaciones de campo natural en otoño-invierno, favorecen el aumento de las gramíneas invernales, lo que contribuye a incrementos en la acumulación anual de forraje (Rodríguez Palma y Rodríguez, 2017a).

Cuando existe una alta frecuencia de pastos finos en los campos es posible promoverlos mediante fertilizaciones nitrogenadas y ajustes en la carga. La contribución de los mismos se hace mayor con niveles bajos de OF y aumento en el agregado de N. Las fertilizaciones en otoño e invierno con dosis de N que superan los 150 kg/ha arrojan que no hay aumentos en la producción de forraje. Por otra parte, cuando se aumenta la OF y se reduce la fertilización con N, se evidencia un efecto positivo sobre la producción de forraje, así mismo ocurre el efecto inverso si se aumentan los niveles de N. Pero al aumentar la intensidad de pastoreo, y al mismo tiempo aumentos en las dosis de N lleva a que la producción de forraje se incremente. Las fertilizaciones estratégicas en otoño con 50kg/ha de N combinadas con ofertas del 8%, llevan a incrementos en la productividad del forraje de un 30%, a su vez la relación de las gramíneas invernales/ estivales son cercanas a 1, ya que aumenta la contribución de especies como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera* lo que mejora la calidad del forraje ofrecido (Boggiano et al., 2005).

El agregado de nitrógeno y fósforo modifica en el mediano y largo plazo a las comunidades del campo natural a través de cambios en su composición botánica y aumentos en la producción de forraje (Chapin, Steele, Simpson, Tilman, Berendse et al., Daniel, Morton et al., Bazzaz y Grace, citados por Bemhaja, 2006). Además, Bemhaja (2006) señala una respuesta cuadrática a la producción de forraje primavero-estival cuando se fertiliza con 40 kg/ha de P₂O₅ y diferentes niveles de N en dos años consecutivos, que durante 14 años fue sobrepastoreado y presentaba dominancia de *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*.

Tiecher et al. (2014) observaron que la composición botánica en el largo plazo fue modificada cuando se fertiliza con fósforo. Oliveira et al. (2015) señalan que las especies C3 tienden a ser malas competidoras por recursos cuando las comunidades están dominadas por especies C4, por lo que ambientes enriquecidos con P tienden a ser perjudiciales para las primeras. Al mismo tiempo, este nutriente puede ocasionar un efecto más a largo plazo que el nitrógeno en alta cantidad (Willems y Van Nieuwstadt, 1996).

Bemhaja (1998c) observó la persistencia de especies sembradas y destacó la gran dependencia del régimen de lluvia, frente a un estrés hídrico de invierno y primavera, la especie que más perduró fue *Lotus corniculatus*, en comparación con *Trifolium repens* que deja de producir forraje mientras se mantengan las condiciones de estrés. Dado a su

vigor inicial, contribución y producción de fines de invierno y primavera se incluyó *Trifolium pratense* a la mezcla anterior, donde se observó su capacidad competitiva tanto por luz como por nutrientes con las demás leguminosas perennes, notándose en el segundo año un descenso abrupto en su contribución.

Bemhaja (1998c) menciona que la mejor producción de forraje en el primer año se obtuvo con mejoramientos de *Lotus tenuis* cv. Waldst en comparación a otros cultivares de *Lotus corniculatus*, así como también presentó una alta producción invernal el resto de los años evaluados. La persistencia de todos los materiales estudiados se ve afectada a partir del cuarto y quinto año cuando comienzan a competir con especies nativas, sin embargo, cuando la resiembra se ve afectada, la persistencia comienza a decaer antes, a partir del tercer año.

La contribución específica invernal, en un campo natural sin intervención presentó valores de 1% para las especies finas, 26% para las tiernas y 65% para las ordinarias y hierbas enanas. Luego de 5 años con mejoramientos de *Lotus subbiflorus* y *Trifolium repens* se observan modificaciones en la contribución, aumentando a valores de 50% para especies finas y tierno-finas, 15% para tiernas y una disminución a 25% para especies ordinarias y hierbas enanas (Risso et al., 2002).

De Brum (2004) menciona que el efecto residual de los mejoramientos de campo con leguminosas y fósforo determinan un aumento en los niveles tróficos del suelo que de la producción de forraje del campo que se mantiene en valores próximos a los 7000 kg/ha/año en el mediano largo plazo (12 años).

2.4. HIPÓTESIS

Los niveles de intervención del campo natural, tanto con fertilización NP como con introducción de leguminosas junto con fertilización fosfatada, incrementará la producción de forraje en el período invierno-primaveral.

La fertilización NP y/o la inclusión de leguminosas junto con el agregado de fertilizante fosfatado, modificará la composición botánica mediante un aumento de la frecuencia de especies de tipo productivo tierna-finas y ciclo productivo invernal.

La fertilización NP en otoño e invierno del campo natural promueve el desarrollo de gramíneas anuales invernales, determinando el dominio de *Lolium multiflorum* en la contribución de forraje.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1. Localización y período de evaluación

El experimento se llevó a cabo en UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”), que se encuentra ubicada sobre el km 363 de la ruta No. 3 General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20´ 9´´ latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. n. m.) en el potrero 18.

El período de evaluación estuvo comprendido entre el 10 de junio de 2019 y el 23 de diciembre de 2019. El mismo fue dividido en tres períodos: invierno (10/06 al 15/08), invierno-primavera (15/08 al 22/10) y primavera (22/10 al 23/12).

3.1.2. Información meteorológica

Para evaluar las variables temperatura y precipitaciones, se utilizó información meteorológica de la estación automática de la EEMAC con los datos extraídos de la serie histórica (2002 - 2018). También se realizó un balance hídrico de Thornthwaite-Mather para el año de estudio, con los datos de precipitaciones y evaporación, para el cual se tomó en cuenta una capacidad de almacenaje de agua del suelo de 86 mm.

Uruguay se ubica en una zona templada, con una temperatura media anual entorno a los 17°C, variando desde los 16°C a los 20°C. Presenta un régimen de lluvias Isohigro, donde se registra un promedio de 1100 mm anuales. Dada la irregularidad y variabilidad interanual de las precipitaciones, las cuales pueden ocurrir en cualquier estación del año, ocasionando tanto períodos de sequía como de exceso de lluvias (MDN. DNM, 2009).

3.1.3. Características del sitio experimental

3.1.3.1. Suelos

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

3.1.3.2. Vegetación

La vegetación presente en el sitio experimental está conformada por tres estratos. Un estrato alto compuesto por especies arbóreas de monte parque, donde la especie dominante es *Acacia caven* y la especie asociada *Prosopis affinis*. Un estrato medio dominado por especies subarborescentes las cuales se clasifican como malezas de campo sucio como son *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eupatorium buniifolium*, *Eryngium horridum*, entre otras. Por último un estrato bajo en el que se destaca una vegetación herbácea compuesta principalmente por especies gramíneas estivales como *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Setaria geniculata* y *Paspalum plicatulum*, e invernales como *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa megapotamica* y *Stipa setigera*. Como especies asociadas se encuentran varias leguminosas, de las cuales se destacan *Desmodium incanum*, *Adesmia bicolor* y *Trifolium polymorphum*.

3.1.3.3. Antecedentes del potrero

El área experimental corresponde a un “campo virgen” determinado así por la presencia de especies indicadoras como *Dorstenia brasiliensis*, *Geranium albicans* y alta presencia de *Bromus auleticus* (Rosengurtt, 1979). Según Zanoni (2009) esta área presenta más de 20 años de historia de cría de ganado vacuno, la que a su vez cuenta con un sitio (bloque 5) con historia de manejo diferente en el período 2001-2004 tanto en fertilización fosfatada y nitrogenada como en manejo de carga animal. Durante los siguientes años no se realizó fertilización y se manejó un pastoreo homogéneo hasta el año 2012 donde se retoma un esquema de evaluación de diferentes dosis de nitrógeno.

3.1.4. Descripción de los tratamientos

Se consideran dos experimentos de acuerdo a la historia de fertilización de las áreas evaluadas. En uno de los experimentos se analizan 4 tratamientos en el que se evalúan tres niveles de intervención sobre el campo natural:

1. Sin intervención (CN)
2. Introducción de 8 kg/ha de *Trifolium pratense* cultivar E116 y 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cultivar El Matrero más 40 kg/ha de P₂O₅ (CNM)
3. Fertilización con 60 kg/ha/año de N más 40 kg/ha de P₂O₅ (N60)
4. Fertilización con 120 kg/ha/año de N más 40 kg/ha de P₂O₅ (N120).

Dichos tratamientos se ubicaron en 4 bloques denominados 1, 2, 3 y 4. La siembra de *Trifolium pratense* y *Lotus tenuis* se realizó por primera vez al voleo 3 de setiembre de 2014 y fue resembrada en marzo de 2015 y en abril de 2015.

El otro experimento se ubica un área denominada bloque No. 5, el cual cuenta con una mayor historia de fertilización de N y P, en el mismo se evalúan 2 tratamientos, que consisten en 2 niveles de intervención de fertilizante nitrogenado, los cuales reciben iguales dosis de fertilizante NP que los tratamientos 3 y 4 del experimento 1. Se consideran tratamientos distintos al primer experimento por presentar historia de fertilizaciones nitrogenadas y fosfatadas.

Se utilizó una fuente amoniacal (urea granulada) para realizar la fertilización nitrogenada, la cual se fraccionó $\frac{1}{2}$ en otoño y $\frac{1}{2}$ a fines de invierno. En el caso de la fuente fosfatada, la fertilización de base son 100 kg/ha de 7-(40/40)-0+4%S.

Ambos experimentos tuvieron control de malezas, se les aplicó 1,5 l/ha de 2,4 DB y 350 cc de flumetsulam, además de pasadas de rotativa en los meses de agosto y septiembre.

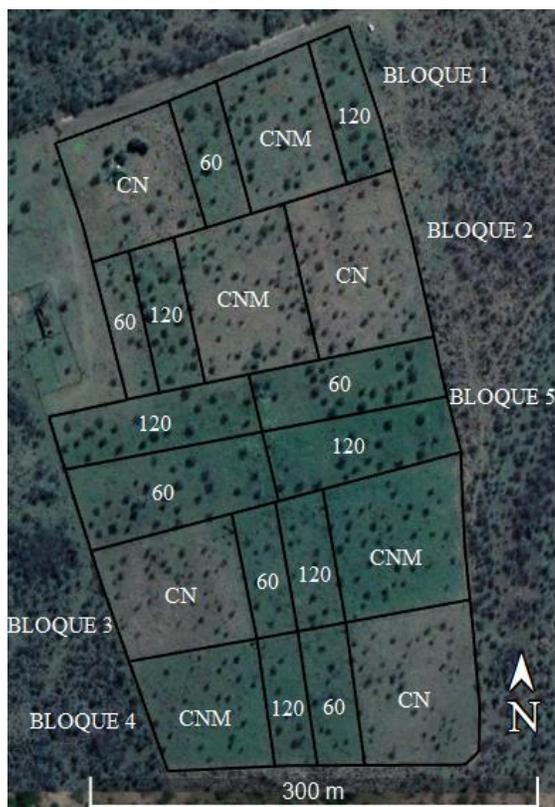
3.1.5. Diseño experimental

En ambos experimentos el diseño fue en bloques completos al azar (DBCA), con 4 repeticiones. Los criterios utilizados para definir los bloques fueron pendiente y tipo de suelo.

En el experimento 1 los bloques 1, 2, 3 y 4 fueron divididos en 4 parcelas y cada tratamiento fue distribuido al azar en cada una de ellas. El tamaño promedio de parcelas para CN, CNM, 60 N y 120 N fue de 0,72, 0,71, 0,26 y 0,26 ha respectivamente lo que corresponde a un total de 7,86 ha.

Mientras que para el experimento 2, el bloque 5 se dividió en bloque 5a y 5b, los que a su vez se subdividieron en dos parcelas donde se adjudicaron al azar los dos tratamientos (60 N y 120 N) de aproximadamente 0,54 ha cada uno conformando un total de 2,22 ha.

En la siguiente figura se puede visualizar la distribución de los bloques en el área experimental con sus respectivos tratamientos.



CN: campo natural.

CNM: campo natural mejorado.

60: 60 kg/ha de nitrógeno.

120: 120 kg/ha de nitrógeno.

Figura No. 1. Croquis del área experimental por bloque y por tratamiento

3.1.6. Manejo del pastoreo

El método de pastoreo utilizado fue rotativo con carga variable, en el cual se ajusta la oferta de forraje según la estación del año. Los ciclos de pastoreo para ambos experimentos fueron de 60 días, conformados por 15 días de ocupación y 45 días de descanso. La oferta de forraje objetivo fue de 6-8% PV en invierno y 10-12% PV en primavera.

3.1.7. Determinación en la producción de forraje

3.1.7.1. Estimación de la materia seca presente

Para estimar la materia seca presente previo al ingreso de los animales (disponible) y posterior a la salida de los mismos (remanente) se aplicó el método de doble

muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975) en combinación con el método Botanal (Tothill et al., 1992), el cual determina la participación de los componentes de la materia seca.

El método de doble muestreo se basa en la estimación de la materia seca presente mediante la combinación de técnicas destructivas a través del corte y pesada de muestras, y no destructivas, asociando puntos de una escala visual de abundancia con los niveles de forraje presente obtenidos mediante el corte.

En primera instancia, se recorrió el área experimental, y se definió una escala visual de 5 puntos representativos de la estimación de materia seca presente de cada parcela, donde el valor en la escala de 1 corresponde con la menor y 5 con la mayor disponibilidad, siendo los puntos 2, 3 y 4 los valores intermedios de materia seca presente. Para definir estos puntos se tuvo en cuenta todas las especies presentes con excepción de las que los animales en condiciones normales de disponibilidad de forraje no consumirían es decir especies espinosas y malezas de campo sucio.

Una vez definida la escala, con la utilización de un aro de 0,20m² se registró en cada uno (unidad muestral) el valor de escala, altura de la pastura en cm, realizando un promedio con cinco medidas de altura dentro de cada aro de escala visual, tomando como referencia la altura de la hoja verde más alta que tuviera contacto con la regla, no considerando la hoja bandera de las macollas florecidas, ni cañas.

Luego de muestreada el área se procedió a cortar a 1 cm del suelo, evitando introducir dentro de las muestras (mantillo), fracción que no interesa considerar dentro de la materia seca presente ya que no se asocia al crecimiento de la pastura ni al desempeño de los animales. En el disponible se realizaron 3 cortes por cada escala obteniendo un total de 15 muestras, mientras que en el remanente se procedió a cortar dos veces por cada punto de escala (10 muestras). Las muestras se pesaron en fresco y se secaron en estufa de aire forzado a 60°C, por un período de 48 a 72 horas, hasta alcanzar un peso constante de las mismas y pesándolas luego del secado.

A través del método Botanal (Tothill et al., 1992) se estimó la contribución porcentual de diferentes especies y/o fracciones pre-establecidas al forraje presente. Para estimar la materia seca presente y su composición se tomaron 30 muestras en las parcelas de 60N y 120N del experimento, mientras que en las parcelas de CN y CNM se tomaron 60 muestras. La distribución de las muestras en el espacio fue mediante muestreo sistemático recorriendo el área, procurando que fuese homogéneo y representativo. Se tomaron cinco registros de altura por cada muestra realizando un promedio y a su vez se le asignó un valor de escala a cada muestra, de acuerdo a lo determinado anteriormente.

Por último se ajustaron ecuaciones de regresión por escala y altura para valores de kg/ha de MS, y se seleccionó el de mayor coeficiente de determinación de las funciones (R^2). De acuerdo al valor seleccionado, se ingresaron los parámetros de regresión a y b en la planilla Botanal y se obtuvieron los kg/ha de materia seca presente en cada parcela y por grupo de especie evaluada.

3.1.7.2. Producción de materia seca

La producción de materia seca corresponde a la suma del forraje producido en cada ciclo de pastoreo. Estas producciones se obtienen sumando lo producido en los períodos de descanso. Es la diferencia entre los kg/ha de MS presente al inicio del pastoreo y los kg/ha de MS presentes al final del pastoreo anterior, sumándole a este resultado lo producido durante el período de pastoreo (tasa de crecimiento*días de pastoreo).

3.1.7.3. Tasa de crecimiento diaria

La tasa de crecimiento diaria (TC) se calculó realizando la diferencia entre la materia seca presente al inicio de cada pastoreo (disponible) y la materia seca remanente del período anterior de la misma parcela, y se dividió entre los días de descanso de la pastura.

3.1.7.4. Materia seca disponible y remanente

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

La materia seca remanente se estima como la materia seca presente al final de cada pastoreo.

3.1.7.5. Altura de forraje disponible y remanente

Tanto la altura de la materia seca disponible como la remanente fueron estimadas mediante el promedio de 5 alturas registradas en cada aro. En las parcelas con mayor área (CN y CNM) se registraron 60 valores de altura, mientras que en las parcelas menores (60 N y 120 N) se registraron 30.

3.1.7.6. Materia seca desaparecida

La materia seca desaparecida se calculó realizando la diferencia entre la materia seca disponible al inicio del pastoreo y la materia seca remanente al final del pastoreo.

3.1.8. Determinaciones en composición botánica

Para determinar la composición botánica de la pastura utilizando el método Botanal (Tothill et al., 1992) se pre-establecieron 13 grupos de especies, agrupadas por características de ciclo de producción, tipo productivo y hábitos de vida. Los grupos determinados fueron: 1- Gramíneas anuales invernales tiernas finas (GAI TF). 2- Gramíneas anuales invernales ordinarias y duras (GAI OD). 3- Gramíneas perennes invernales tiernas finas (GPI TF). 4- Gramíneas perennes invernales ordinarias y duras (GPI OD). 5- Gramíneas anuales estivales tiernas finas (GAE TF). 6- Gramíneas anuales estivales ordinarias y duras (GAE OD). 7- Gramíneas perennes estivales tiernas finas (GPE TF). 8- Gramíneas perennes estivales ordinarias y duras (GPE OD). 9- Hierbas enanas o malezas menores (HE - MM). 10- Restos secos (RS). 11- Cardos 12- Graminoides (GM). 13- Leguminosas (Leg.). Fue utilizado el ranking propuesto por Tothill (1978), para la estimación de la MS en kg/ha y el porcentaje que representa cada especie o grupo de especie evaluada.

Como ejemplo de las agrupaciones mencionadas anteriormente, las especies presentes como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera* se clasificaron dentro de gramíneas perennes invernales tiernas a finas, especies como *Coelorhachis selloana*, *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum* se incluyeron dentro del grupo de gramíneas perennes estivales tiernas finas, mientras que *Paspalum plicatulum* y *Paspalum quadrifarium* se adjudicaron dentro del grupo de gramíneas perennes estivales ordinario-duras. Por otro lado, *Lotus tenuis* y *Trifolium pratense*, especies introducidas se agruparon junto con otras leguminosas en un único grupo, del mismo modo las ciperáceas y juncáceas, se evaluaron en conjunto como graminoides.

A su vez, en cada muestra mediante el método visual, se estimó el porcentaje del suelo descubierto (% SD) y la cobertura de malezas de campo sucio (% MCS).

3.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

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

3.3. MODELO ESTADÍSTICO

3.3.1. Experimento 1

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

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_j + E(a) + \alpha_k + t_i \times \alpha_k + \xi_{ijk}$$

Siendo estas:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- t_i = es el efecto de la i -ésimo tratamiento, 1 2 3 4.
- B_j = es el efecto del j -ésimo bloque, 1 2 3 4.
- α_k = es el efecto del z -ésimo momento, 1 2 3.
- $t_i \times \alpha_k$ = es el efecto de la i -ésimo tratamiento en el z -ésimo momento
- ξ_{ijk} = es el error experimental.

Error (a) calculado como interacción bloque x tratamiento.

Se realizó el análisis de varianza y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con una probabilidad de 10%. También se utilizaron contrastes ortogonales, los cuales compara medias entre grupos de tratamientos a efectos de testar el efecto de los niveles crecientes de intervención.

¿Hay efectos de la intervención?

H_0 : no hay efectos en el nivel de intervención
 H_a : si hay efectos en el nivel de intervención
 $H_0: \tau_{CN} = \tau_{Todos} \Leftrightarrow H_0: \tau_{CN} - \tau_{Todos} = 0$
 $H_a: \tau_{CN} \neq \tau_{Todos} \Leftrightarrow H_a: \tau_{CN} - \tau_{Todos} \neq 0$

¿Hay efectos según el tipo de intervención utilizada?

Ho: no hay efectos en el tipo de intervención

Ha: si hay efectos en el tipo de intervención

Ho: $\tau_{\text{CNM}} = \tau_{\text{Nitrogenados}} \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau_{\text{CNM}} - \tau_{\text{Nitrogenados}} = 0$

Ha: $\tau_{\text{CNM}} \neq \tau_{\text{Nitrogenados}} \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau_{\text{CNM}} - \tau_{\text{Nitrogenados}} \neq 0$

¿Hay efectos según el nivel de dosis de N utilizada?

Ho: no hay efectos en el nivel de dosis

Ha: si hay efectos en el nivel de dosis

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

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

3.3.2. Experimento 2

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

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + \beta_j + E(a) + \delta_k + E(b) + t_i \times \delta_k + \alpha_l + t_i \times \alpha_l + \delta_k \times \alpha_l + t_i \times \delta_k \times \alpha_l + \xi_{ijkl}$$

Siendo estas:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- t_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento asociado a la dosis, 1 2.
- β_j = es el efecto del j-ésimo bloque, 1.
- E(a) = error calculado como interacción bloque x tratamiento con dosis.
- δ_k = es el efecto del k-ésimo tratamiento asociado a la historia, 1 2.
- E(b) = error calculado como interacción bloque x tratamiento con historia.
- $t_i \times \delta_k$ = es el efecto del i-ésimo tratamiento en el k-ésimo tratamiento con historia.
- α_l = es el efecto del l-ésimo período, 1 2 3.
- $t_i \times \alpha_l$ = es el efecto del i-ésimo tratamiento con dosis en el l-ésimo período.
- $\delta_k \times \alpha_l$ = es el efecto del k-ésimo tratamiento con historia en el l-ésimo período.
- $t_i \times \delta_k \times \alpha_l$ = es el efecto del i-ésimo tratamiento con dosis y el k-ésimo tratamiento con historia en el l-ésimo período.
- ξ_{ijkl} = es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ijkl}.

Se realizó análisis de varianza, y posterior comparación de medias por el método de Tukey con una probabilidad de 10%. También se utilizaron contrastes ortogonales.

Contrastes al efecto de tratamiento y bloques

¿Hay efectos según el nivel de dosis de N utilizada?

Ho: no hay efectos en el nivel de dosis

Ha: si hay efectos en el nivel de dosis

$$\text{Ho: } \tau_{60} = \tau_{120} \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau_{60} - \tau_{120} = 0$$

$$\text{Ha: } \tau_{60} \neq \tau_{120} \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau_{60} - \tau_{120} \neq 0$$

¿Hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada?

Ho: no hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada

Ha: si hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada

$$\text{Ho: } \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \Leftrightarrow \text{Ho: } \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 = 0$$

$$\text{Ha: } \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 \neq \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \Leftrightarrow \text{Ha: } \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 \neq 0$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1. Temperatura

En la siguiente figura se presenta la evolución de las temperaturas media, máxima y mínima ocurridas en la serie histórica 2002-2018, así como en el año 2019 el cual tuvo lugar el experimento.

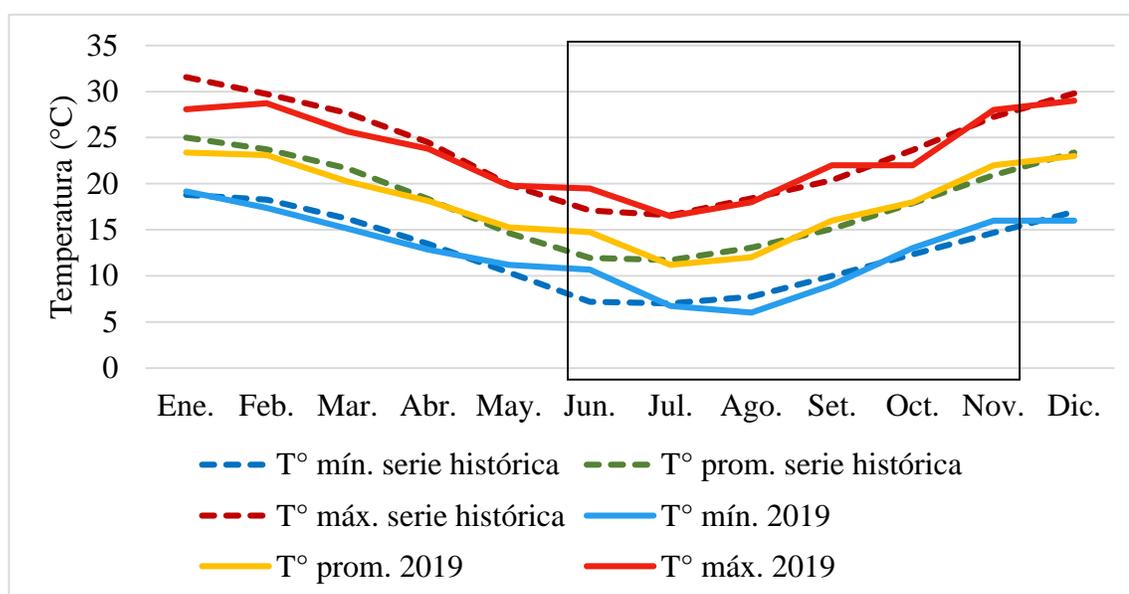


Figura No. 2. Temperaturas media, máxima y mínima para el año 2019 y las medias del período 2002-2018

Las temperaturas promedio del período experimental fueron similares a las de la serie histórica (2002-2018), excepto en el mes de junio en el cual se registraron temperaturas de 3 °C por encima del promedio histórico. Cabe destacar que las temperaturas mínimas se mantuvieron a lo largo de todo el período por encima de los 5° C, lo que no afectó al crecimiento de las especies C3, ya que las mismas detienen su crecimiento con temperaturas menores a los 5°C, siendo el óptimo 20°C, mientras que las especies C4 reducen su crecimiento con temperaturas por debajo de los 15°C (Carámbula, 1996).

4.1.2. Precipitaciones

En la figura No. 3 se presentan las precipitaciones mensuales del año 2019 y de la serie histórica (2002-2018).

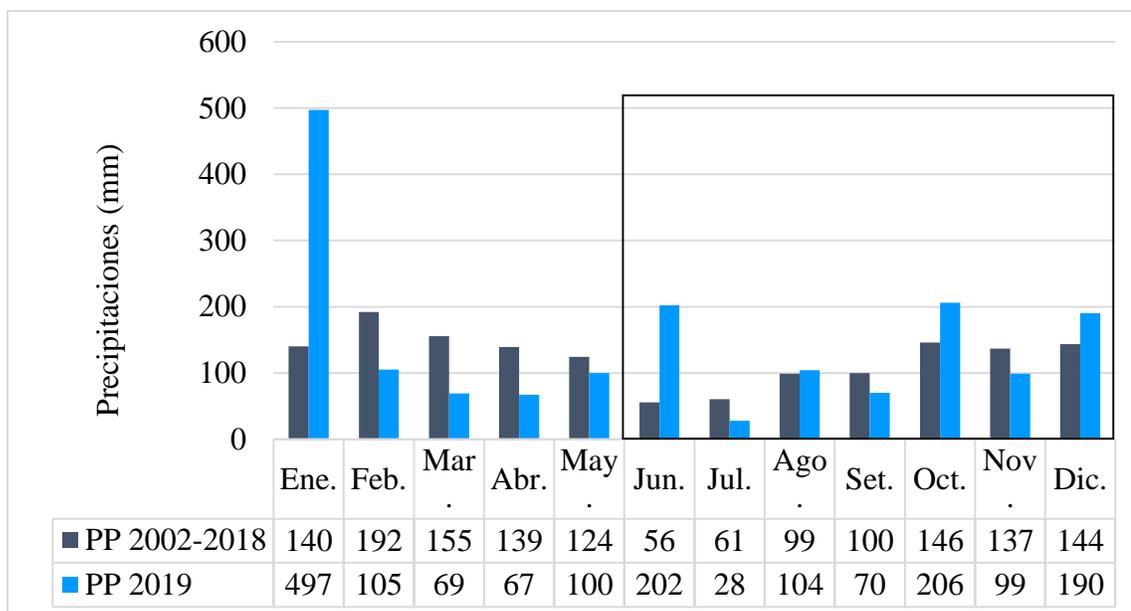


Figura No. 3. Precipitaciones mensuales del período de evaluación y promedio histórico 2002-2018 en milímetros (mm)

Se observa que en el período evaluado las precipitaciones mensuales presentan diferencias con el promedio histórico, con oscilaciones por encima y por debajo de la serie histórica, excepto en el mes de agosto donde no se observaron diferencias. En los meses de junio, octubre y diciembre las precipitaciones del año del experimento fueron superiores a las históricas, en 260, 41 y 32% respectivamente, mientras que en los meses de julio, septiembre y noviembre se registraron precipitaciones inferiores en 54, 30 y 28% respectivamente.

4.1.3. Balance hídrico

Se realizó el balance hídrico a partir del registro de las precipitaciones y evapotranspiración potencial que ocurrieron en el período (1 de junio - 30 de noviembre del año 2019). A partir de estos datos, el K_c utilizado de 0,9 (Jia et al., 2009) y la capacidad de almacenamiento de agua para la zona (86 mm) según Molfino y Califra (2001), se procedió a estimar el almacenaje de agua en el suelo (alm.) y la evapotranspiración real (ETR), a su vez se determinaron los períodos de excesos y déficit hídricos. Como punto de referencia se utilizó el 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN), dado a que por debajo de este valor se dificulta la absorción de agua por parte de las plantas (García Petillo, 2012).

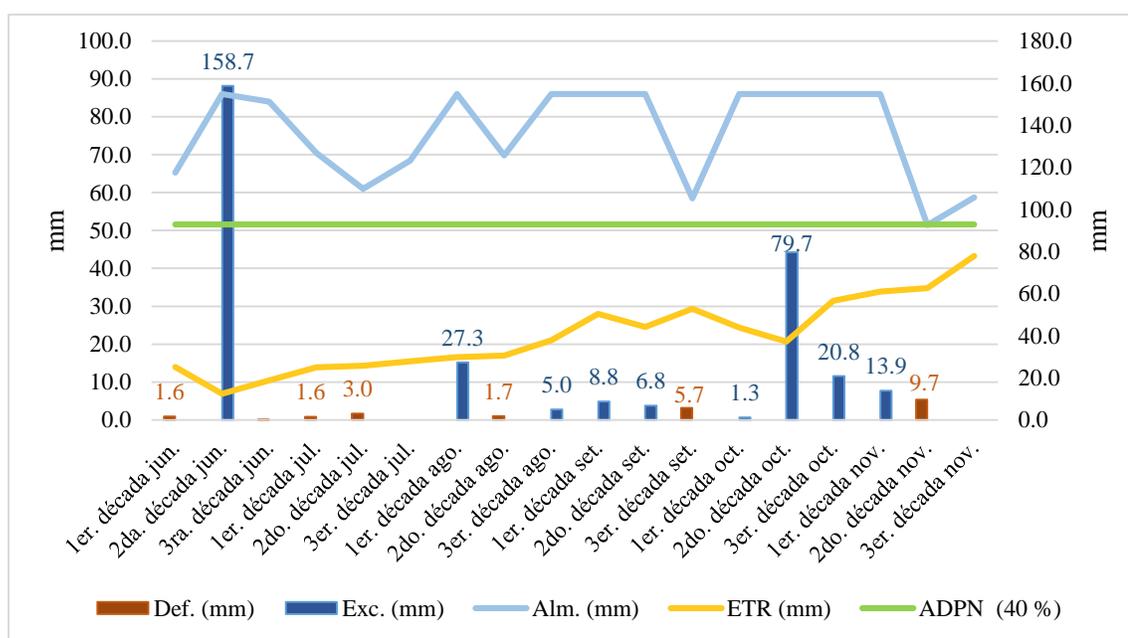


Figura No. 4. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (alm.) y evapotranspiración real (ETR) con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%), y períodos de déficit-excesos hídricos entre la primera década de junio y la tercera década de noviembre

Para el total del período evaluado se destaca la ausencia de deficiencias hídricas significativas ya que las mismas no superan los 10 mm en todo el período, esto puede estar explicado por las precipitaciones registradas, que determinan la presencia de excesos hídricos dado a que superan la capacidad de almacenamiento del perfil del suelo, a su vez, la ETR se mantuvo por debajo de la ETP la mayor parte del período. Se observa además que el agua almacenada siempre estuvo por encima del APDN (40%). En los meses de

junio y octubre las precipitaciones superaron ampliamente a las registradas en la serie histórica, lo que sumado a los bajos valores de ETR determinaron grandes excesos hídricos.

4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1

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

4.2.1. Producción de forraje

4.2.1.1. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según tratamiento

Cuadro No. 1. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de materia seca (PMS) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período. También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	PMS (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
p-valor de los contrastes ortogonales		
CN vs. todos	0,0080	0,0103
CNM vs. N	0,2102	0,1637
60 vs. 120	0,3520	0,3316
Tratamientos	Medias de los tratamientos	
CN	3486 B	18,18 B
CNM	5353 A	28,16 A
60 N	4996 A	25,88 A
120 N	4479 AB	22,97 AB

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

En cuanto a la PMS y TC, ambas variables presentaron diferencias significativas respecto a los tratamientos, con igual tendencia, explicado por la dependencia que presenta la producción total de forraje a los ritmos diarios de crecimiento.

Se observa a través del contraste ortogonal, que CNM, 60N y 120N son superiores en cuanto a la producción de forraje en relación al CN. Los resultados son similares a los obtenidos por Rodríguez Palma et al., citados por Ayala y Bendersky (2017) los cuales obtienen un 29% más de producción con el agregado de 100 kg/ha de nitrógeno e incrementos de alrededor de 40% en la TC para invierno-primavera.

En ambos tratamientos nitrogenados, se evidencia la mayor presencia de *Lolium multiflorum* (cuadros No. 5 y No. 6), el cual presenta alta respuesta a la fertilización de N determinando mayor producción de materia seca. Para los tratamientos que presentan mayor TC, puede estar explicado por la relación que presenta el N con la TEF el cual promueve su incremento, lo que determina mayor intercepción de radiación fotosintéticamente activa por parte de la canopia. Según lo afirmado por Mazzanti et al., citados por Azanza et al. (2004) la fertilización permite aumentar los niveles tróficos del suelo, lo cual determina mayores TC por macollo y mayor densidad de macollo, lo que se traduce en mayor producción de forraje.

Para el caso del CNM, el cual presentó también los mayores valores de TC y PMS, coincide con lo observado por Bemhaja (1998c), donde en un campo natural con introducción de leguminosas y utilizado con diferentes cargas, la tasa de crecimiento diaria se incrementa. Se obtiene un crecimiento de un 55% superior en el CNM en comparación con el CN, los cuales resultan inferiores a los resultados obtenidos por Bemhaja (1998a) quien mostró incrementos de 113% por encima del CN. De todos modos, Berretta (1998a) obtuvo aumentos de forraje entre un 50 y 100% en CNM en relación a un CN, siendo coincidente con los resultados obtenidos en este experimento.

4.2.1.2. Materia seca disponible, altura disponible, materia seca remanente, altura remanente y materia seca desaparecida según tratamientos

Cuadro No. 2. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD.), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR.) y forraje desaparecido (MSdes.) para el total del período. También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	MSD (kg/ha)	AltD. (cm)	MSR (kg/ha)	AltR. (cm)	MSdes. (kg/ha)
p-valor de los contrastes ortogonales					
CN vs. todos	0,1631	0,0247	0,0902	0,7875	0,1301
CNM vs. N	0,4558	0,3748	0,0247	0,3506	0,1186
60 vs. 120	0,8617	0,9231	0,2698	0,4797	0,5017
Tratamientos	Medias de los tratamientos				
CN	2316	15,6	1258 B	10,3	1350
CNM	2639	17,9	1257 B	10,1	1831
60 N	2527	19,0	1351 AB	10,4	1597
120 N	2493	19,1	1415 A	10,8	1454

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

En el cuadro anterior no se encontraron diferencias estadísticas para las variables entre los diferentes tratamientos ($p\text{-valor}>0,10$), excepto para la AltD. en la que se detectó diferencias en el contraste ortogonal, siendo la media del CN inferior a las medias de los demás tratamientos. La MSR presentó diferencias significativas, a través del contraste ortogonal se observa la superioridad de la misma en los tratamientos nitrogenados en relación a los demás tratamientos.

La ausencia de diferencia entre los tratamientos para la mayoría de las variables puede estar explicado por lo expresado por Álvarez et al. (2013), quienes mencionan que el forraje disponible se ve afectado en gran medida por el forraje producido. Era esperable que los tratamientos nitrogenados presentaran mayor MSD, sin embargo, no se observaron diferencias entre tratamientos ya que las OF manejadas fueron similares entre el CN y los nitrogenados, no optimizando el efecto que tiene el N sobre el rebrote de la pastura, ya que Zanoniani et al. (2011) obtuvieron la mayor producción de forraje con OF de 9% y 150 kg/ha de nitrógeno, la cual es superior a la utilizada en este experimento (5%).

La MSR depende en gran medida de la OF a la cual se maneje, debido a que determina la intensidad de pastoreo (Álvarez et al., 2013), por lo que era esperable no encontrar diferencias en la MSR ya que no existieron diferencias en la OF ni en la MSdes. para los distintos tratamientos. Sin embargo, los tratamientos nitrogenados presentan la mayor media para la variable MSR, lo cual puede estar explicado por lo mencionado por Mazzanti y Lemaire (1994), los mismos indican que el N incrementa la densidad de macollos de especies forrajeras en especial gramíneas a través de la TAF y TEF. A su vez, por lo observado en la etapa de campo las parcelas con tratamientos nitrogenados presentaban alta proporción de *Lolium multiflorum* (cuadros No. 5 y No. 6), dicha especie presenta baja VMF y por lo tanto una velocidad de recambio foliar alta. Del mismo modo, Nabinger, citado por Zanoniani et al. (2011) expresa que en ambientes pobres en N como es el caso de CN y CNM, se da una lenta reposición de las estructuras removidas, consecuencia de una baja tasa fotosintética por efecto de la escasez de N. En cuanto a la MSdes., no se detectan diferencias significativas a pesar de que biológicamente puedan existir, debido a que el CV para esta variable es alto (43,8%) lo que determina una gran variabilidad en los datos.

Para la variable AltD., en la cual se detectó diferencia en el contraste, la menor altura en el CN puede estar dado por la diferencia encontrada en la TC (cuadro No. 1), donde también resulta ser menor para CN. Además, para los tratamientos nitrogenados la mayor altura puede estar dada por la mayor TEF que resultaría en láminas foliares de mayor longitud.

4.2.1.3 Producción de materia seca y tasa de crecimiento según período

Cuadro No. 3. Efecto de los distintos períodos sobre la producción de materia seca (PMS) y la tasa de crecimiento (TC)

	PMS (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
Períodos	Media de los períodos	
Inv.	1049 B	18,27 B
Inv.-prim.	1233 B	17,30 B
Prim.	2296 A	24,92 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

La TC depende de variables como la radiación y temperatura, las cuales fueron más propicias para el período primaveral como era esperable, ya que las temperaturas diarias se incrementan acelerando la velocidad de aparición y elongación foliar, determinando por ende mayor PMS en comparación a los otros dos períodos. Sumado a esto, en el total del período primaveral no se evidencia limitantes en la disponibilidad hídrica (figura No. 4) que junto al incremento de las temperaturas (figura No. 2) y la mayor disponibilidad de nutrientes provocan un aumento en la TC y PMS. Del mismo modo, en el período invernal según Prioul et al., citados por Nabinger (1996) es donde la TC se ve limitada tanto por la calidad de la luz interceptada como por las bajas temperaturas, lo cual provoca que las hojas nuevas tengan menor eficiencia fotosintética.

4.2.1.4. Materia seca disponible, altura disponible, materia seca remanente, altura remanente y materia seca desaparecida según período

En el cuadro No. 4 se aprecia que la materia seca desaparecida no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro No. 4. Efecto de los distintos períodos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD.), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR.) y forraje desaparecido (MSdes.)

	MSD (kg/ha)	AltD. (cm)	MSR (kg/ha)	AltR. (cm)	MSdes. (kg/ha)
Períodos	Medias de los períodos				
Inv.	2413 B	14,3 B	1240 B	10,1 B	1467
Inv.-prim.	2159 B	14,5 B	1062 B	8,3 C	1410
Prim.	2911 A	24,9 A	1658 A	12,8 A	1797

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Las variables presentadas en el cuadro presentan diferencias estadísticas significativas con medias mayores en la primavera, siendo estos resultados esperados. Las condiciones climáticas en esa estación son más propicias al crecimiento de la pastura (cuadro No. 3), por lo tanto estas variables siguieron la misma tendencia. En primavera la MSD fue la que presentó la mayor media, sin embargo, en la MSdes. no se observaron diferencias significativas entre los distintos períodos, lo que determina que la MSR sea igualmente superior en el período primaveral. Nabinger et al. (2007) mencionan que la MSD depende del forraje residual así como también de la TC del período, la misma está condicionada por el remanente anterior que determina las reservas de las plantas y la condición del IAF determinantes para la recuperación de las pasturas.

Comparando resultados en los mismos períodos, pero en diferente año con Luberriaga y Robuschi (2017), se observa que las medias de MSD y MSR son superiores en aproximadamente 1000 kg de MS/ha, lo cual podría estar explicado por las condiciones climáticas más favorables que se dieron en el año 2017 para los mismos períodos evaluados, resultados coincidentes a los que Maraschin et al. (1997) señalan como óptimos para el crecimiento de la pastura.

4.2.2. Composición botánica

4.2.2.1. Contribución de los componentes botánicos según tratamiento en porcentaje (%) y en kg/ha de MS

En los cuadros No. 5 y No. 6 se observa que las GPI (OD), GPE (OD), graminoides y cardos no presentan diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro No. 5. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%). También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	GAI (TF)	GAI (OD)	GPI (TF)	GPI (OD)	GPE (OD)	GM.	Cardos
p-valor de los contrastes ortogonales							
CN vs. todos	0,0003	0,3434	0,2172	0,4410	0,1975	0,9445	0,1262
CNM vs. N	0,0063	0,0198	0,0128	0,7217	0,3814	0,3515	0,6719
60 vs. 120	0,7841	0,9999	0,0877	0,1270	0,5431	0,2523	0,8762
Tratamientos	Media de los tratamientos						
CN	20,1 C	Sd	22,4 A	0,4	4,3	0,7	3,4
CNM	32,2 B	Sd	12,0 B	0,6	3,6	0,1	7,8
60N	46,7 A	Sd	18,3 AB	1,2	2,2	0,3	7,0
120N	45,4 A	Sd	25,2 A	0,3	2,9	1,4	6,6

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

Cuadro No. 6. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en kg/ha de MS

	GAI (TF)	GPI (TF)	GPI (OD)	GPE (OD)	GM.
Tratamientos	Media de los tratamientos				
CN	490 B	507 AB	7	89	18
CNM	863 B	331 B	15	91	5
60 N	1247 A	434 AB	27	49	11
120 N	1189 A	613 A	6	66	34

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

Los tratamientos nitrogenados presentan mayor frecuencia de GAI (TF) explicado mayormente por la presencia de *Lolium multiflorum*, esta especie es más eficiente en el uso del N, en comparación con especies perennes las cuales se ven desplazadas a consecuencia de las antes mencionadas, ya que las mismas presentan mayor tamaño de semilla lo que determina su mayor vigor inicial, y rápida colonización. Por su parte Zanoniani et al. (2011) afirman que en los tratamientos con altas dosis de N, existe sustitución de especies perennes por anuales lo que implica que el CN se vea perturbado provocando la degradación de la pastura y la desestabilización de las comunidades. A su vez, los resultados de Berretta (2005b), Cardoso et al. (2008), Luberriaga y Robuschi (2017) coinciden en cuanto al aumento de las GAI (TF) en campos fertilizados con N. En cuanto a los GM no presentaron diferencias significativas para los distintos tratamientos lo cual no condice con lo mencionado por Berretta et al. (1998b), quienes expresan que al aumentar la fertilización nitrogenada este grupo tiende también a incrementar su frecuencia. Del mismo modo, los cardos no presentaron diferencias significativas, sin embargo según lo afirmado por Young et al., citados por Larratea y Soutto (2013), era de esperar mayor contribución de los mismos en los tratamientos nitrogenados, ya que son grandes consumidores de N.

En cuanto al CN, las GAI TF se presentan en baja frecuencia siendo significativamente inferior a los demás tratamientos, esto posiblemente se deba a que este grupo de especies están adaptadas a ambientes de alta fertilidad, en cambio las GPE TF se presentaron en alta frecuencia (cuadros No. 9 y No. 10), Bemhaja et al. (2008), Rodríguez Palma y Rodríguez (2008) obtuvieron resultados similares, quienes destacan que el CN presenta mayor participación de gramíneas estivales. A pesar de esto, la proporción de gramíneas estivales está muy por debajo de lo que plantean Bermúdez y Ayala (2005), quienes afirman que su contribución en CN es cercana al 80%.

El CNM presenta un aumento significativo en la contribución de leguminosas en relación a los demás tratamientos, como era de esperar ya que fueron especies introducidas, lo que es fundamental para aumentar su contribución, debido a que los campos naturales del Uruguay se caracterizan por presentar bajo contenido de fósforo en el suelo y en consecuencia baja frecuencia de leguminosas (Carámbula, 1996). Del mismo modo, la contribución de GAI TF es superior a la del CN, explicado por Bemhaja y Berretta (1991) quienes señalan que la introducción de leguminosas junto a la fertilización de fósforo, incrementa el nivel trófico del suelo favoreciendo de esta forma a dicho grupo de especies. Las GPI (TF) finas fueron significativamente inferiores al CN, esto puede estar dado por el desplazamiento de las mismas a causa del incremento de las GAI TF y el espacio ocupado por las leguminosas.

Cabe destacar que las especies ordinarias-duras tanto invernales como estivales no presentan diferencias entre tratamientos cuando es analizado mediante el test de Tukey, mientras que con el contraste ortogonal se observa que las GAI (OD) son superiores en

los tratamientos nitrogenados comparados con el CNM y a su vez, se encuentran en baja proporción siendo menor a 5%.

A continuación se resume en una gráfica el aporte de forma gradual de las GAI (TF) a medida que se intensifica el manejo del CN, así como también la mayor contribución de las GPE (TF) en el CN.

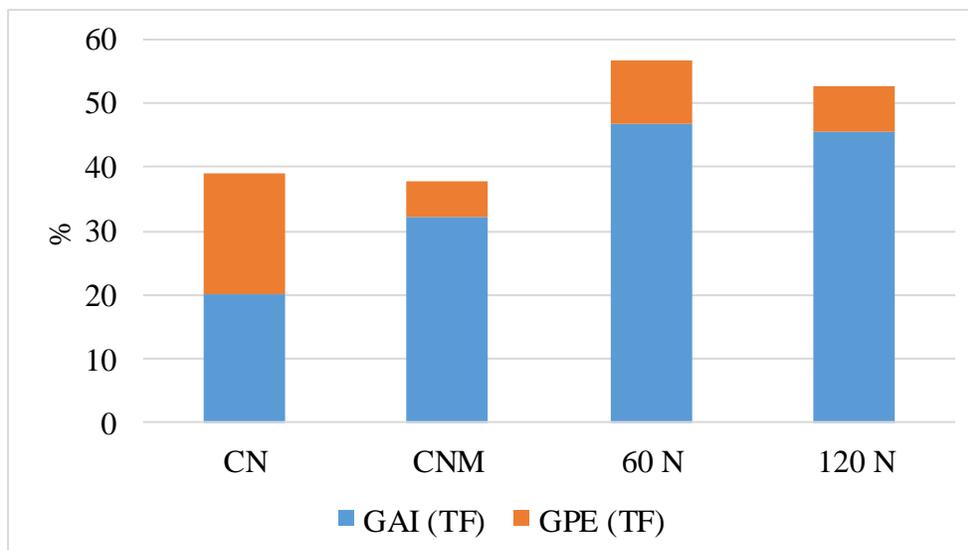


Figura No. 5. Contribución relativa de GAI (TF) y GPE (TF) para los diferentes tratamientos

4.2.2.2. Contribución de los componentes botánicos según período en % y en kg de MS/ha

Cuadro No. 7. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en porcentaje (%)

	GAI (TF)	GPI (TF)	GPI (OD)	GPE (OD)	GM	Cardos
Períodos	Media de los períodos					
Inv.	27,5 B	18,6 B	0,8	4,5	1,2	3,3 B
Inv.-prim.	42,6 A	14,9 B	0,9	3,2	0,2	3,3 B
Prim.	38,2 A	24,9 A	0,1	2,0	0,4	11,9 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Cuadro No. 8. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en kg/ha de MS

	GAI (TF)	GPI (TF)	GPI (OD)	GPE (OD)	GM
Períodos	Media de los períodos				
Inv.	673 C	408 B	22	111	30
Inv.-prim.	971 B	309 B	17	66	6
Prim.	1199 A	696 A	2	44	14

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

El *Lolium multiflorum* presenta su pico de producción en primavera, sin embargo, se observa que las GAI (TF) presentan mayor contribución relativa en los períodos invierno-primavera y primavera en relación al invierno, esto puede estar explicado por la respuesta más temprana al N por parte de estas especies. Las GPI (TF) también presentaron su pico en primavera como era esperable ya que comienzan su pasaje a estado reproductivo, por lo tanto hay un cambio a nivel fisiológico que determina un mayor peso explicado en parte por la menor relación hoja/tallo, a su vez, en el período tanto de transición como en la primavera los dos grupos tienden a aumentar su contribución en kg MS, igualmente las GAI (TF) superan a las GPI (TF) en una relación de 3/1 y 2/1 respectivamente. En el caso de cardos tiene mayor contribución en primavera respecto a los demás períodos, esto puede deberse a la competencia que ejercieron las GAI, lo que no permitió a los cardos aumentar su frecuencia, a su vez, a campo se visualizó la mayor presencia de los mismos en primavera, lo cual puede estar explicado por tratarse de una especie indicadora de fertilidad, por lo que respondió a la mayor disponibilidad de N en dicho período, donde simultáneamente comienza a decaer la producción de *Lolium multiflorum* hacia el final del período. Respecto a la contribución en kg/ha las GAI (TF)

destacan su mayor aporte en primavera diferenciándose significativamente de los demás períodos.

En la siguiente gráfica se refleja el aporte que hacen las GAI (TF), las GPI (TF) y las GPE (TF) en los distintos períodos, observando un aumento total de las especies tiernas finas hacia la primavera logrando un aporte de 70%, se destaca en todos los períodos el mayor aporte de las GAI.

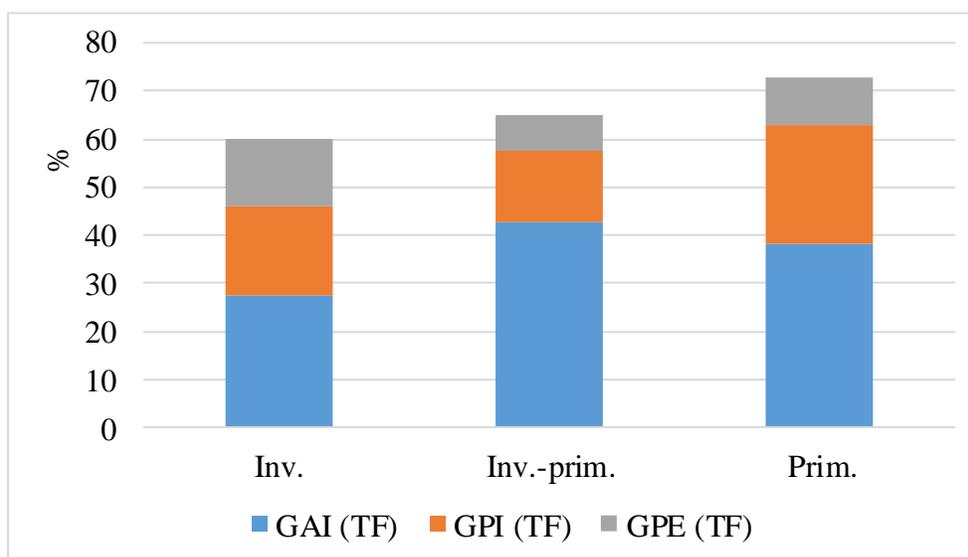


Figura No. 6. Contribución relativa de GAI (TF), GPI (TF) y GPE (TF) para los diferentes períodos

4.2.2.3. GPE (TF) contribución en % y en kg de MS/ha

La fracción GPE presentó interacción significativa para tratamiento y período, mostrando contribuciones significativamente superiores en el CN en la primavera frente al resto de los tratamientos, sin mostrar diferencias significativas en invierno e invierno primavera.

Cuadro No. 9. Contribución de las GPE (TF) interacción tratamiento por período, en porcentaje (%)

GPE (TF) (%)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
CN	19,1 AB	12,7 ABC	24,9 A
CNM	8,9 BC	2,6 C	4,9 C
60 N	12,6 ABC	11,5 ABC	5,7 BC
120 N	14,6 ABC	3,1 C	2,3 C

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

Cuadro No. 10. Contribución de las GPE (TF) interacción tratamiento por período, en kg/ha de MS

GPE (TF) (kg)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
CN	447 AB	240 BC	586 A
CNM	238 BC	55 C	177 BC
60 N	283 BC	259 BC	204 BC
120 N	312 ABC	81 C	149 C

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

En todos los períodos, el tratamiento de CN a pesar de no presentar diferencias significativas con los demás tratamientos, es el que presenta mayores registros de GPE TF, explicado como ya se mencionó, por la predominancia de este grupo en los campos uruguayos. A su vez, los que presentan menores registros son el CNM y 120 N en el período invierno-primavera y primavera, sin embargo, el elevado CV (56,98%) podría no permitir mostrar diferencias estadísticas con los demás tratamientos, los menores registros pueden ser consecuencia de la alta producción de las GAI en dichos períodos, del mismo modo, Bemhaja et al. (2008), Rodríguez Palma y Rodríguez (2008) señalan una disminución en la contribución de GPE cuando el CN es fertilizado con N. El aporte en kg/ha de las GPE (TF) es máxima en la primavera en CN sin diferencias con CN y 120N en invierno.

4.2.2.4. Leguminosas interacción entre tratamiento y período en % y en kg de MS/ha

Cuadro No. 11. Contribución de leguminosas interacción tratamiento por período, en porcentajes (%)

Leg. (%)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
CN	1,0 C	1,0 C	0,6 C
CNM	27,1 A	35,7 A	16,7 B
60 N	0,3 C	2,2 C	0,2 C
120 N	0,8 C	0,1 C	1,0 C

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

Cuadro No. 12. Contribución de leguminosas interacción tratamiento por período, en kg/ha de MS

Leg. (kg)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
CN	21 C	19 C	20 C
CNM	768 A	783 A	431 B
60 N	7 C	49 C	9 C
120 N	24 C	3 C	35 C

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

En todos los períodos evaluados se observa que tanto en rendimiento relativo como en kg de MS/ha el CNM es el que presentó superioridad en cuanto a Leg. con respecto a los demás tratamientos. En invierno e invierno-primavera la producción fue significativamente superior a la de primavera, lo cual puede estar explicado por Bemhaja (1998b) quien señala que el mejoramiento con *Lotus tenuis* presenta un mayor aporte invernal, mientras que para *Trifolium pratense* la contribución se da a fines de invierno y primavera, a su vez, esta especie presenta una limitante en cuanto a su persistencia dada por la podredumbre de raíz, esto podría explicar un descenso en la contribución de leguminosas en primavera. En cuanto a la producción primaveral para CNM, otra explicación de su disminución podría ser la competencia que le ejercen las GAI, quienes aumentan su frecuencia a partir de invierno-primavera.

4.2.2.5. Restos secos interacción entre tratamiento y período en % y en kg de MS/ha

Cuadro No. 13. Contribución de los restos secos (RS) interacción tratamiento por período, en porcentaje (%)

RS (%)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
CN	36,3 A	29,4 AB	3,9 C
CNM	15,9 BC	7,7 C	2,4 C
60 N	14,2 BC	12,9 BC	4,0 C
120 N	13,4 BC	7,5 C	0,3 C

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

Cuadro No. 14. Contribución de los restos secos (RS) interacción tratamiento por período, en kg/ha de MS

RS (kg)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
CN	946 A	519 AB	131 BC
CNM	427 BC	161 BC	90 BC
60 N	307 BC	264 BC	148 BC
120 N	295 BC	182 BC	13 C

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

Los RS para el tratamiento CN en invierno, registraron la mayor media y luego fueron en descenso hacia la primavera, esto puede estar explicado por la alta proporción de GPE (TF) las cuales comienzan a acumular material muerto en este período que no es apetecido por el ganado y luego se da el rebrote en primavera, como se visualiza en el cuadro descende la proporción de RS.

En el caso de CNM, a pesar de no mostrar diferencias significativas, lo cual puede ser motivo del alto CV (70,22 %), se observa una diferencia de 337 kg de RS entre el invierno y la primavera. Si se compara al CNM con el CN los RS descendieron un 55% en invierno para el primero, estos resultados no coinciden con los encontrados por Duhalde y Silveira (2018), quienes reportaron un aumento en la cantidad de RS en CNM justificado por la posibilidad de selección con OF en torno al 8% en promedio para el total del período, mientras que en el presente trabajo se manejaron ofertas menores, en promedio 5% lo cual determina menor selectividad y por ende menor acumulación de RS. A pesar de que entre CN y CNM no hay diferencias en cuanto al manejo de la OF, sería esperable encontrar similar cantidad de RS en uno y otro tratamiento, pero la utilización podría explicar este hecho, ya que fue menor en un 10% para el caso del CN lo que determina la mayor acumulación de material muerto.

En cuanto a los tratamientos nitrogenados presentaron similar comportamiento al CNM. Para el período invernal se visualizan diferencias significativas con respecto a CN siendo menor la media de los nitrogenados. A su vez, en el período invierno-primaveral, no presentaron diferencias significativas, lo cual puede estar explicado por el alto CV mencionado anteriormente. De todos modos, las diferencias entre los nitrogenados y el CN en dicho período son cercanas a 300 kg de MS/ha, lo que es razonable debido a que estos tratamientos presentan mayor contribución de GAI y menor GPE, sumado a que el N contribuye a la recuperación de la pastura luego de un pastoreo, a su vez, aumenta la VMF y en consecuencia habrá menor tasa de senescencia (Chapman y Lemaire, citados por Sevrini y Zanoniani, 2010). Para el caso de la primavera no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, la acumulación de RS fue menor en relación a los otros períodos, esto puede estar explicado porque las especies presentes en su mayoría rebrotan en primavera. Cabe destacar que los comportamientos de la pastura para los diferentes períodos y tratamientos estuvieron acompañados de ajustes en la OF, la cual fue relativamente baja (5,5%), lo que no permite la acumulación en gran medida de RS, igualmente se deben considerar factores como la utilización o el agregado de N que puede modificar estos resultados.

4.2.2.6. Cobertura de suelo descubierto y malezas de campo sucio según tratamiento, en disponible y remanente

Cuadro No. 15. Cobertura de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) en el forraje disponible y remanente promedio según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%). También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	Disponible		Remanente	
	SD (%)	MCS (%)	SD (%)	MCS (%)
p-valor de los contrastes ortogonales				
CN vs. todos	0,0293	0,0265	0,9474	0,1408
CNM vs. N	0,4681	0,1913	0,5777	0,3625
60 N vs. 120 N	0,8636	0,8529	0,0809	0,0199
Tratamientos	Medias de los tratamientos			
CN	4,0 A	5,3 A	3,6 A	4,2 B
CNM	1,7 A	2,3 B	3,9 A	5,1 AB
60 N	2,4 A	3,6 AB	4,4 A	7,7 A
120 N	2,3 A	3,4 AB	2,4 A	4,4 B

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

En cuanto a SD y MCS para el forraje disponible se encontró diferencias significativas en el contraste ortogonal, siendo CN el que presentó las mayores medias. Para el caso de SD se registraron menores valores que Duhalde y Silveira (2018) en el mismo período de evaluación quienes en promedio obtuvieron 7% de SD. Estos bajos

valores pueden deberse en los tratamientos nitrogenados y en el mejorado a la alta proporción de GAI, las cuales tienen su ciclo productivo en invierno-primavera por lo que el suelo permanece cubierto, a su vez, en el tratamiento de CN se encuentran especies postradas como *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* las cuales provocan un entramado que logran cubrir el suelo. Otro motivo puede ser el método de pastoreo rotativo que según Berretta y Levratto (1990) presenta ventajas frente al pastoreo continuo, evitando presencia de suelo descubierto, debido al período de descanso el cual permite que la pastura se recupere más rápido.

Las diferencias significativas que se le adjudican al CN pueden estar dadas según lo que se observa en el cuadro No. 14, el cual muestra la mayor acumulación de RS, lo que podría determinar según Morley, citado por Soca et al. (1998) que la superficie de pastoreo se vea reducida, afectando determinadas áreas que son sobrepastoreadas y en consecuencia aumentando en el % de SD. A razón de esto, se observa que las MCS presentan mayor media en CN a causa del mayor espacio libre para la emergencia de las mismas, de todos modos, su incidencia no genera un impedimento para la producción de forraje ya que están en baja proporción, sumado a esto se realizó un control mecánico y químico que disminuyen su presencia.

Los tratamientos nitrogenados presentaron menor medida que el CN, esto concuerda con lo expresado por Berretta et al. (1998b), Rodríguez Palma y Rodríguez (2008) quienes afirman que las MCS pueden reducirse o no aumentar con el agregado de N. En el caso del CNM tanto por contraste ortogonal como por el test de Tukey se observa una disminución significativa de las MCS respecto al CN, Carámbula (1992) menciona que la introducción de leguminosas mantiene un equilibrio entre las especies nativas y evitan la colonización de las malezas.

Para el caso del remanente, el CN no presentó diferencias significativas en cuanto a SD con los demás tratamientos, únicamente a través del contraste ortogonal se encontraron diferencias entre los nitrogenados siendo 60 N el que presentó mayor % de SD respecto a 120 N y al mismo tiempo también presentó mayor % de MCS, para esta variable se encontraron diferencias significativas por ambos métodos.

4.2.2.7. Suelo desnudo y malezas de campo sucio según período, en disponible y remanente

Cuadro No. 16. Cobertura de suelo descubierto (SD), malezas de campo sucio (MCS) en el forraje disponible y remanente promedio según período, en porcentaje (%)

Período	Disponible		Remanente	
	SD (%)	MCS (%)	SD (%)	MCS (%)
Inv.	2,6	3,6 AB	3,1 B	3,9 B
Inv.-prim.	3,4	5,6 A	5,3 A	9,8 A
Prim.	1,8	1,7 B	2,2 B	2,4 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Al igual que en el cuadro anterior, los valores registrados para ambas variables son bajos, esto puede deberse al manejo de la OF estacional (4,9 %, 5,10 % y 6,6 % para invierno, invierno-primavera y primavera respectivamente), lo que determina un adecuado volumen de forraje remanente, que en el total del período evaluado se encontró por encima de los 1000 kg. A su vez, Carvalho et al. (2007) mencionan que con OF de 4%, la contribución de maciegas es baja. Para el disponible no se observan diferencias significativas en SD en los diferentes períodos, en el caso de MCS se observa la mayor proporción en el período invierno-primavera al igual que en el caso del remanente, por lo que se procedió al manejo para el control de las malezas, lo que se ve reflejado como una disminución de las mismas en el siguiente período. A su vez, para el período de transición en el remanente se observa el mayor % de SD determinando también la mayor incidencia de MCS.

4.2.2.8. Hierbas enanas interacción entre tratamiento y período

Cuadro No. 17. Contribución de las hierbas enanas (HE) interacción tratamiento por período, en porcentaje (%)

HE (%)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
CN	3,0 B	4,3 B	9,9 A
CNM	2,6 B	1,3 B	5,7 AB
60 N	4,7 AB	3,6 B	2,7 B
120 N	3,3 B	3,1 B	2,3 B

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

De modo general, se observa baja proporción de HE. A su vez, se encontró una interacción significativa entre tratamiento y período, donde se destaca únicamente el

tratamiento de CN en primavera el cual fue superior a todas las interacciones excepto a CNM en primavera y 60 N en invierno.

Los resultados arrojados en el experimento no coinciden con lo expresado por Berretta (2005b), quien afirma que las HE aumentan durante el invierno. A su vez, Rodríguez Palma y Rodríguez (2008), mencionan que en los tratamientos nitrogenados se reducen las HE por la competencia que le ejercen las especies productivas, lo cual se vio reflejado únicamente en la primavera, entre el tratamiento CN y los nitrogenados, esto puede deberse al pico de producción que presentan las gramíneas invernales (cuadros No. 7 y No. 8). No obstante, el CNM no fue inferior al CN, ni superior a los tratamientos nitrogenados.

4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2

En este punto se analiza el efecto de la historia de la fertilización nitrogenada, contrastando parcelas con mayor historia de fertilización (Bloque 5) y parcelas con menor historia de fertilización (Bloque 1, 2, 3 y 4), también se analiza la dosis de nitrógeno aplicada sobre la producción primaria y la composición botánica del forraje disponible para el período de estudio del bloque 5.

4.3.1. Producción de forraje

4.3.1.1. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según tratamiento por dosis y por historia de fertilización

Cuadro No. 18. Efecto de dosis aplicadas y de historia de fertilización, medias de los tratamientos sobre la producción de materia seca (PMS) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período. También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	PMS (kg/ha)	TC (kg/ha/día)		PMS (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
p-valor de los contrastes ortogonales					
60 vs. 120	0,6345	0,7276	H* vs. H**	0,0242	0,0245
Tratamientos	Media de los tratamientos		Tratamientos	Media de los tratamientos	
60 N	4944 A	25,0 A	H*	4272 B	21,4 B
120 N	5243 A	26, 3 A	H**	5915 A	29,8 A

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

Para las variables PMS y TC, no se visualizan diferencias en cuanto a los tratamientos 60 y 120 N para el contraste ortogonal ni en el test de Tukey. Se destacan las

altas producciones de MS/ha, lo cual puede estar explicado según Zanoniani et al. (2011) por el manejo de OF bajas (4%) que sumado al agregado de N favorecen la producción de forraje, mientras que con altas OF (14%) y aumento en la dosis de fertilizante se reduce la producción de forraje. Cabe destacar que *Lolium multiflorum* fue la especie predominante en invierno-primavera, la cual es una especie muy competitiva en cuanto a los recursos como el nitrógeno, lo que explica en gran medida la alta producción de forraje.

Analizando el efecto de la historia de fertilización, se encontraron diferencias en PMS y TC en un 38% y 39% superior respectivamente cuando existía efecto de la mayor historia de fertilización, lo que podría estar explicado por el efecto residual que presenta el N, que según Rodríguez Palma y Rodríguez (2017a), contribuye aumentando la frecuencia de gramíneas anuales invernales, lo que aporta de forma significativa en la acumulación anual de forraje.

4.3.1.2. Altura disponible, materia seca remanente y altura remanente según tratamiento por dosis y por historia de fertilización

En el cuadro siguiente se aprecia que los niveles de fertilización no generaron respuestas diferentes en las variables estudiadas.

Cuadro No. 19. Efecto de dosis aplicadas y medias de los tratamientos sobre la altura del disponible (AltD.), materia seca remanente (MSR), altura del remanente (AltR.) en el total del período. También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	AltD. (cm)	MSR (kg/ha)	AltR. (cm)
p-valor de los contrastes ortogonales			
60 vs. 120	0,4413	0,3886	0,8264
Tratamientos	Media de los tratamientos		
60 N	20,4	1312	9,9
120 N	19,1	1213	9,7

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

Dado los resultados de este cuadro es esperable que el remanente y las alturas no varíen ya que la TC no presentó diferencias así como también la OF fue la misma para ambos tratamientos. Agregar N por encima de las 60 unidades no demuestra tener una respuesta positiva o negativa en ninguna de las variables estudiadas, por lo que no se justifica utilizar dosis mayores, así mismo, como mencionan Ayala y Carámbula (1994), utilizar dosis elevadas con pastoreo rotativo puede provocar que cantidades importantes de nutrientes queden en el suelo y sean desperdiciadas.

Cuadro No. 20. Media de los tratamientos con diferente historia de fertilización nitrogenada sobre la altura del disponible (AltD.), materia seca remanente (MSR) y altura del remanente (AltR.) en el total del período. También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	AltD. (cm)	MSR (kg/ha)	AltR. (cm)
p-valor de los contrastes ortogonales			
H* vs. H**	0,3911	0,0367	0,0360
Tratamientos	Media de los tratamientos		
H*	19,1	1386 A	10,6 A
H**	20,4	1140 B	9,0 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

Los resultados de AltD. no coinciden con lo que era esperable encontrar, ya que no siguieron la tendencia de la TC (cuadro No. 18) la cual presentó diferencias significativas. Para MSR y AltR. en el tratamiento con mayor historia se observan las menores medias con respecto al tratamiento con menor historia, lo cual era esperable ya que la utilización del tratamiento con mayor historia fue superior (60%) en relación a la utilización del tratamiento con menor historia (50%).

4.3.1.3. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según período

Cuadro No. 21. Efecto de los distintos períodos sobre producción de materia seca (PMS) y tasa de crecimiento (TC)

	PMS (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
Períodos	Media de los períodos	
Inv.	796 C	12,9 C
Inv.-prim.	1560 B	22,8 B
Prim.	2738 A	41,2 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Al igual que en el experimento 1, la radiación y temperatura se vuelven más favorables al acercarse a la primavera y junto a la aceptable disponibilidad hídrica (figura No. 4), explican estos resultados con similar tendencia, donde se concluye que en la primavera para ambas variables descritas, las medias presentan superioridad respecto a los otros períodos, la TC del experimento 2 es superior en un 65% en primavera comparándola con la TC promedio de todos los tratamientos del experimento 1, consecuencia directa del N, el cual está más fácilmente disponible para el forraje, debido

a las mayores temperaturas y a los excesos hídricos los cuales ayudan a la mineralización neta del N. Esto coincide con lo expresado por Ayala y Carámbula (1994), quienes afirman que en invierno la eficiencia de utilización del nitrógeno es muy baja (1,5 kg MS/kg N), mientras que en primavera y verano se registran mayores eficiencias (14 kg MS/kg N).

4.3.1.4. Altura disponible, materia seca remanente y altura remanente según período

Cuadro No. 22. Efecto de los distintos períodos sobre la altura del disponible (AltD.), forraje remanente (MSR) y altura del remanente (AltR.)

	AltD. (cm)	MSR (kg/ha)	AltR. (cm)
Períodos	Media de los períodos		
Inv.	14,1 B	1130 B	8,8 B
Inv.-prim.	16,4 B	1127 B	9,5 AB
Prim.	28,7 A	1531 A	11,2 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

La AltD., tienden a aumentar conforme la TC, resultando en primavera las mayores medias, las cuales se diferencian significativamente de los demás períodos. Para la variable MSR en primavera se constata la superioridad de la media respecto a los otros dos períodos. La OF en primavera es significativamente mayor a la manejada en invierno, mientras que para la transición la media de la OF no fue inferior ni superior a las de invierno y primavera, por lo que se podría concluir que según lo dicho por Boggiano et al. (2005), cuando las OF son mayores se genera un incremento en los remanentes dado a la menor remoción del forraje, por ende aumenta la disponibilidad de N en planta, favoreciendo la formación de nuevos tejidos, en especial gramíneas invernales.

4.3.1.5. Materia seca disponible interacción entre historia de fertilización y período

En el presente cuadro se determina la superioridad de la MSD en primavera, en los tratamientos con mayor historia de fertilización, respecto a las demás medias. La disponibilidad de materia seca se ve afectada por factores como: temperatura, radiación, agua disponible, nutrientes y OF, la cual condiciona el crecimiento posterior de la pastura.

Cuadro No. 23. Media de materia seca disponible (MSD) interacción entre historia de fertilización y período

MSD (kg/ha)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
H*	2189 C	2340 BC	3001 B
H**	1936 C	1874 C	3952 A

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

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

En primavera bajo las mismas condiciones climáticas y de OF, logra un disponible 32% por encima cuando existe mayor historia de fertilización, concluyendo que la nutrición es un factor fundamental para lograr obtener mayor disponibilidad de MS, pudiendo estar explicado por el factor residual del N. Por otra parte, en invierno no se observan diferencias según el efecto de la historia, lo que confirma una vez más la gran importancia del factor nutricional, ya que a igualdad de condiciones climáticas y OF, en esta estación la mineralización es baja por lo que el N no se encuentra totalmente disponible para el crecimiento vegetal. A su vez, Sevrini y Zanoniani (2010), mencionan que en primavera las condiciones climáticas son óptimas, por lo cual los nutrientes son los que estarían limitando el crecimiento en esta estación.

4.3.1.6. Materia seca desaparecida según interacción entre historia de fertilización y período

Cuadro No. 24. Media de materia seca desaparecida (MSdes.) la interacción historia de fertilización y período

MSdes. (kg/ha)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
H*	1160 B	1585 B	1701 B
H**	1158 B	1489 B	3421 A

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

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

En la interacción se destaca la MSdes. en primavera con mayor historia de fertilización respecto a todas las medias, lo cual es esperable debido a la tendencia que muestra la MSD en el cuadro No. 23. A su vez, la utilización del tratamiento con mayor historia fue significativamente superior que el tratamiento con menor historia, mientras que la utilización según período no presentó diferencias significativas pero debe tenerse en cuenta que el CV es alto (39,5%) lo que puede demostrar que biológicamente si existieron diferencias, presentando una utilización de 46, 56 y 62% para invierno, invierno-primavera y primavera respectivamente, según Saldanha (2005), la mayor utilización se registra en primavera debido a las condiciones favorables para el

crecimiento.

4.3.2. Composición botánica

4.3.2.1. Contribución de los componentes botánicos según tratamiento por dosis y por historia de fertilización en % y en kg de MS/ha

Cuadro No. 25. Efecto de la dosis aplicada, historia de fertilización y la contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%). También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	GPI (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.	Cardos
p-valor de los contrastes ortogonales						
60 vs. 120	0,1866	0,5927	0,5494	0,0512	0,4223	0,7102
H* vs. H**	0,3300	0,6855	0,8614	0,8739	0,3917	0,5150
Tratamientos	Media de los tratamientos					
60N	0,8	8,7	2,1	0,3 B	1,2	7,9
120N	0,3	7,9	2,8	1,5 A	1,8	7,1

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

* Tratamientos con menor historia de fertilización

Cuadro No. 26. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en kg/ha de MS

	GPI (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.
Tratamientos	Media de los tratamientos				
60 N	20	207	46	8 B	38
120 N	5	183	67	41 A	20

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

Se observa diferencia significativa para el caso de los tratamientos a diferentes dosis únicamente en las especies GM, destacándose la mayor contribución con 120 N en relación a 60 N, lo que coincide con lo expresado por Berretta et al. (1998b) quienes afirman que con niveles crecientes de fertilización nitrogenada aumenta las ciperáceas, a su vez, esto puede coincidir con la humedad del suelo que podría ser mayor en esa parcela, ya que dichas especies se ven favorecidas con el contenido de agua.

4.3.2.2. Contribución de los componentes botánicos según período en % y en kg de MS/ha

Cuadro No. 27. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en porcentaje (%)

	GPI (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.	Cardos
Períodos	Media de los períodos					
Inv.	0,7	13 A	3	2	0,6	5 B
Inv.-prim.	0,9	7 B	3	0,2	1	5 B
Prim.	0,0	5 B	1	1	1	13 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Cuadro No. 28. Contribución en el forraje disponible de los componentes botánicos, según período, en kg/ha de MS

	GPI (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.
Períodos	Media de los períodos				
Inv.	20	265 A	58	38	15
Inv.-prim.	17	148 B	67	5	23
Prim.	0 A	172 AB	44	32	51

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Se observa que respecto al experimento 1, la contribución de GAI (TF) aumenta un 7,6, 9,4 y 10,9% en invierno, invierno-primavera y primavera respectivamente, esto coincide con lo mencionado por Cardoso et al. (2008), los cuales sostienen que se observan efectos residuales respecto al N luego de 3 años de la última aplicación, aumentando las especies anuales invernales. Los resultados del cuadro muestran similar tendencia respecto al experimento 1, siendo las GPI (TF) superior en primavera en kg de MS/ha, las GPE (TF) en invierno aumentan su contribución respecto a los períodos

subsiguientes, igualmente los kg de MS/ha tienden a aumentar en la primavera, mientras que las GPI (OD), GPE (OD), GM y Leg. no presentan diferencias significativas entre períodos. Cabe destacar que las GP (OD) se encuentran en baja proporción, no superando el 3%, lo cual puede estar explicado por Berretta et al. (1998b), quienes mencionan la poca capacidad de estas especies de adaptarse a ambientes fertilizados como es el caso del bloque 5, dado a que las mismas son buenas competidoras cuando el entorno presenta bajos niveles de fertilidad, mientras que las especies tiernas-finas destacan su competencia en ambientes sin limitantes nutricionales.

En la gráfica que se presenta a continuación se observa la contribución de las GAI (TF), GPI (TF) y GPE (TF) en los distintos períodos evaluados, cabe destacar que con mayor historia de fertilización se alcanza un 80% de contribución de especies tiernas finas, a su vez se destaca el aporte de las GAI cercano a un 50% en invierno-primavera y en primavera.

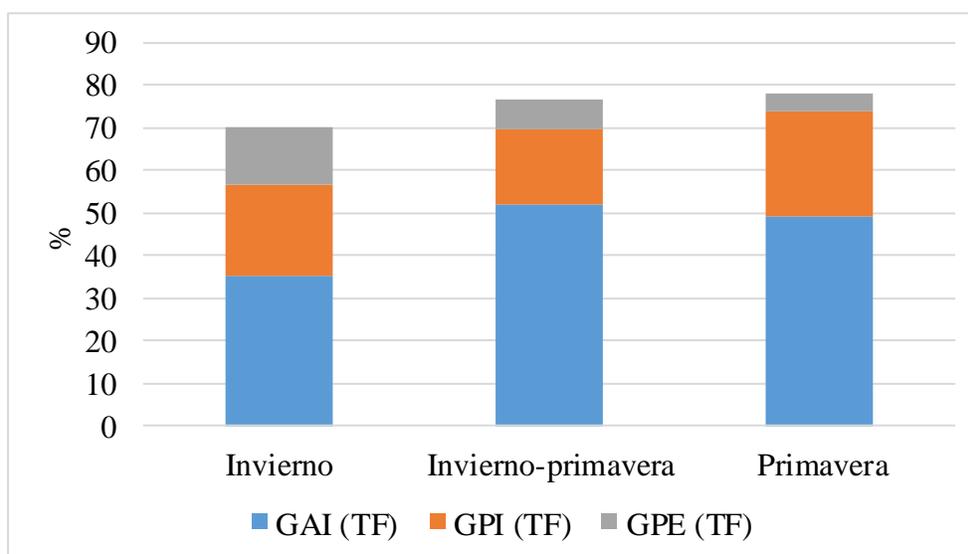


Figura No. 7. Contribución relativa de GAI (TF), GPI (TF) y GPE (TF) para los diferentes períodos

4.3.2.3. GAI (TF) interacción entre historia de fertilización y período

Las GAI TF, no presentaron diferencias significativas si se comparan dentro de cada período con mayor o menor historia de fertilización, pero se destaca que el período tiene mayor relevancia en cuanto a la contribución de estas gramíneas respecto a la historia de fertilización, siendo menor en invierno y aumentando gradualmente hacia la primavera.

Cuadro No. 29. Media de gramínea anual invernal tierna fina (GAI TF) interacción entre historia de fertilización y período

GAI TF (kg)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
H*	861 BC	1339 B	1439 AB
H**	674 C	924 BC	2028 A

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

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

A pesar de que no hay diferencias estadísticas para este último período, cabe destacar que hay una diferencia de 600 kg a favor del tratamiento con mayor historia, lo cual lo reafirman Cardoso et al. (2008), ya que fertilizaciones sucesivas con N provocan la sustitución de especies perennes por anuales llevando a la degradación del CN. A su vez, Ayala y Carámbula (1994), mencionan que la continua incorporación de N promueve la aparición de especies anuales que presentan alta respuesta a este nutriente, lo cual determina que se genere una anualización de las pasturas naturales.

4.3.2.4. GPI (TF) interacción entre tratamiento por dosis, por historia de fertilización y por período

Cuadro No. 30. Media de gramínea perenne invernal tierna fina (GPI TF) interacción entre historia de fertilización, dosis de nitrógeno y período

GPI (TF) (kg)	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
H* - 60 N	431 BC	219 C	665 AB
H* - 120 N	437 BC	461 BC	941 A
H** - 60 N	379 BC	508 BC	1017 A
H** - 120 N	432 BC	249 BC	669 AB

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

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

De la misma forma en la que se observa el cuadro anterior, en esta triple interacción no se observan diferencias significativas si se compara las medias dentro de

cada período según efecto y dosis de fertilización, pero se destaca la mayor contribución de las GPI (TF) en primavera respecto a los demás períodos, esto coincide con lo reportado por Bemhaja (1994) el cual menciona que con fertilización nitrogenada se favorecen especialmente a los pastos invernales finos y tiernos tanto perenne como anuales. En términos de contribución en kg de MS/ha las gramíneas anuales son el doble que las perennes invernales, lo cual puede estar explicado por la competencia que ejercen las primeras cuando se ven favorecidas por altas dosis de N.

4.3.2.5. Suelo desnudo, hierba enana y restos secos según tratamiento por dosis, por historia de fertilización y por período

En el cuadro se aprecia que respecto a las dosis de N no presentan diferencias significativas para ninguna de las variables, cabe destacar que los valores registrados son similares a los del experimento 1 y fueron motivo de análisis dado a su baja contribución.

Cuadro No. 31. Cobertura de hierbas enanas (HE) y restos secos (RS) en el forraje disponible promedio, según tratamiento e historia de fertilización en el total del período, en porcentaje (%). También se presenta el p-valor de los contrastes ortogonales

	HE (%)	RS (%)		HE (%)	RS (%)
	p-valor de los contrastes ortogonales				
60 vs. 120	0,6279	0,8146	H* vs. H**	0,0191	0,4088
Tratamiento	Media de los tratamientos		Tratamiento	Media de los tratamientos	
60 N	4,9	8,0	H *	3,3 B	8,7
120 N	4,4	7,6	H **	5,9 A	6,9

Valores de p-valor <0,10 son significativamente diferentes. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

Para el tratamiento con mayor y menor historia de fertilización, se observa diferencia únicamente para la variable HE, quien presenta una contribución superior en el tratamiento de más historia de fertilización, lo cual era esperable por la mayor cantidad de MSdes. (cuadro No. 20) acompañado del mayor % de SD remanente en el caso del tratamiento 120 N con más historia (cuadro No. 35), permitiendo la emergencia de estas malezas, las que a su vez no se ven afectadas por el pastoreo vacuno, del mismo modo, Rosengurtt (1943) señala que años continuos de fertilización promueven a la degradación de la pastura, debido al mayor aporte de las HE en detrimento de las especies nativas.

En el presente cuadro, para la variable SD no se observan diferencias estadísticas, registrando el mayor valor numérico en invierno, la tendencia de la contribución de HE

fue superior en invierno respecto a primavera, lo cual era esperable ya que la mayoría de las HE son invernales, *Lolium multiflorum* presenta menor contribución en este período, ya que no se encuentra en activo crecimiento.

Cuadro No. 32. Cobertura de suelo descubierto (SD), hierbas enanas (HE) y restos secos (RS) en el forraje disponible promedio según los distintos períodos de estudio, en porcentaje (%)

	SD (%)	HE (%)	RS (%)
Período	Media de los períodos		
Inv.	3,4	6,9 A	12 A
Inv.-prim.	1,9	4,2 AB	9 A
Prim.	1,9	2,7 B	3 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Para la variable RS, se observa que la misma presenta menor valor en primavera, lo que coincide con lo antes mencionado y la mayor preferencia de los animales frente a *Lolium multiflorum*, lo que favorece el rebrote y no permite la acumulación de RS. A su vez, Berretta et al. (1998b) explican que la fertilización nitrogenada permite que la pastura se encuentre en activo crecimiento en el total del período evaluado, ya que en invierno promueve el crecimiento de las especies invernales y en primavera favorece el rebrote de las estivales, determinando por lo tanto baja proporción de RS.

4.3.2.6. Maleza de campo sucio interacción entre historia de fertilización y período

En el siguiente cuadro se observa que existe interacción entre la historia de la fertilización y el período.

Cuadro No. 33. Media de cobertura de malezas de campo sucio (MCS) para la interacción de historia de fertilización y período

MCS	Inv.	Inv.-prim.	Prim.
H*	3,4 AB	5,3 AB	1,7 B
H**	8,9 A	4,1 AB	2,5 B

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

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

Las MCS no se ven afectadas significativamente respecto a los tratamientos con mayor o menor historia de fertilización, como ya se mencionó en el experimento 1, las

mismas no tienden a aumentar cuando se fertiliza con N. Cabe destacar que las medias para esta variable son bajas, dado que la fertilización con N y P₂O₅ junto con el pastoreo rotativo y el control mecánico y químico mantienen controlada a las MCS. En primavera se observan los menores valores, lo que podría estar explicado por el mayor aporte de GAI, las cuales ejercen una competencia frente a estas malezas no permitiendo su desarrollo.

4.3.2.7. Materia seca remanente, materia verde y restos secos según período

En el siguiente cuadro se observa que para las variables MSR, MV Y RS existieron diferencias significativas según los diferentes períodos, tendiendo la MSR a ser superior en primavera, el MV en invierno-primavera y los RS en invierno respecto a los demás períodos.

Cuadro No. 34. Materia seca remanente en kg/ha (MSR) y contribución porcentual de materia verde (MV) y restos secos (RS) según el período

Período	MSR	MV (%)	RS (%)
	Media de los períodos		
Inv.	1130 B	55,1 C	44,9 A
Inv.-prim.	1127 B	77,9 A	22,1 C
Prim.	1531 A	69,5 B	30,5 C

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$)

Se observa que los RS del remanente en invierno son significativamente superior a los demás períodos, ya que la tasa de crecimiento es mínima en invierno, de las especies estivales que ya pasaron a estado reproductivo y acumularon hojas senescentes, provocando un aumento de los mismos. Del mismo modo, las GAI comienzan su crecimiento en dicho período, determinando por lo tanto que los RS descendan en las subsiguientes estaciones, como lo mencionan Boggiano et al. (2005) dichas especies se encuentran en activo crecimiento, lo que determina el aumento del área foliar fotosintéticamente activa, traduciéndose a una mayor cantidad de MV. La proporción de RS remanente es mayor a la del disponible (cuadro No. 32), debido a la capacidad del animal de seleccionar la dieta, rechazando el material muerto. A su vez, el método de pastoreo rotativo ocasiona un aumento en la acumulación de RS respecto al pastoreo continuo (Berretta y Levratto, 1990).

4.3.2.8. Suelo desnudo en el forraje remanente para la interacción entre tratamiento de dosis e historia de fertilización

En el cuadro se aprecia que el suelo descubierto aumenta en los remanentes de la pastura con mayor historia de fertilización en la dosis mayor.

Cuadro No. 35. Cobertura de suelo descubierto (SD) remanente según historia de fertilización y dosis, en porcentaje (%)

% SD	H*	H**
60 N	3,9 B	2,7 B
120 N	2,2 B	7,9 A

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

* Tratamientos con menor historia de fertilización

** Tratamientos con mayor historia de fertilización

Se encontraron diferencias en la interacción únicamente en el tratamiento de 120 N con mayor historia de fertilización con el resto de las medias, a su vez, los valores registrados son bajos, esto podría estar explicado por la alta contribución de *Lolium multiflorum* en estas parcelas, el cual se encuentra en activo crecimiento en el total del período evaluado contribuyendo a la cobertura del suelo.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

En cuanto a producción de forraje del experimento 1, los tratamientos con diferentes niveles de intervención demuestran ser superiores al CN, la TC pasa de 18 a 28 kg/ha/día de MS en CNM, a 26 kg/ha/día de MS en 60 N y 23 kg/ha/día de MS día en 120 N, mientras que la PMS en CN pasa de producir 3500 kg de MS/ha a 5400 kg de MS/ha en CNM, 5000 kg de MS/ha en 60 N y 4500 kg de MS/ha en 120 N. Estas diferencias fueron atribuidas a la TC, la cual se ve afectada por el consumo de N por parte de las gramíneas como *Lolium multiflorum* y el aporte de las leguminosas.

Analizando estas mismas variables en cuanto al período, se observa la superioridad en primavera respecto a los demás períodos, debido a las condiciones climáticas más favorables para el crecimiento y desarrollo de la pastura. Del mismo modo, se registran las mayores alturas tanto disponible como remanente y por lo tanto también la MSD y MSR para el mismo período, sin embargo, la MSdes. no presentó diferencia significativa.

Respecto a los tratamientos, no se observaron diferencias significativas para las variables AltR., MSdes. y MSD la cual presentó un promedio de 2494 kg de MS/ha. La MSR fue mayor en los nitrogenados, de todos modos los remanentes estuvieron por

encima de los 1200 kg de MS/ha en la totalidad de los tratamientos. A su vez la AltD. registrada fue mínima en CN.

En relación a la composición botánica, entre los diferentes tratamientos, se observa que las GAI (TF) son dominantes a medida que se incrementan los niveles de intervención en comparación con el CN, debido a que son especies con mayor capacidad competitiva por el uso del N, por tanto se ve más acentuando la diferencia en los nitrogenados, estas especies desplazan a las GPE (TF), por lo que van disminuyendo su contribución al mismo tiempo que se incrementan las GAI (TF). Sumado a esto la relación de gramíneas invernales/gramíneas estivales es de 2/1, 5/1, 5,5/1 y 7/1 para CN, CNM, 60 N y 120 N respectivamente, lo que determina que a mayor aporte de N más marcada es la presencia de especies invernales respecto a estivales, además es importante destacar la alta contribución de las gramíneas invernales en el CN, las cuales están representadas en un 42%. En el caso de las leguminosas las mismas presentan su mayor contribución en el CNM como era lo esperable, con una contribución de 26%. Para los restantes grupos como son las gramíneas (O-D), GM y cardos no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando además la baja contribución de estas especies.

Siguiendo con el análisis de estas especies se puede determinar que respecto al período, las gramíneas invernales tanto anuales como perennes presentan su pico de producción en primavera, mientras que las leguminosas lo hacen en invierno e invierno-primavera, lo que determina que en el total del período evaluado existe un aporte considerable de especies con alto valor nutricional para los animales. Tanto las gramíneas (O-D), las GPE (TF) y los GM no presentan diferencias en cuanto a su aporte entre períodos, sin embargo los cardos en primavera aumentan significativamente en producción en relación a los demás períodos.

Respecto a los RS se registran valores cercanos al 30% en CN en los períodos de invierno e invierno-primavera, mientras que para los otros tratamientos la cantidad de RS en estos períodos no superó el 16%. En primavera no se determinan diferencias significativas entre tratamientos, siendo relativamente bajo, no superando el 4%.

Para las variables SD y MCS en el forraje disponible, en el total del período, presentaron una media superior en CN respecto a los demás tratamientos. En el caso de remanente las diferencias significativas se detectaron únicamente entre los tratamientos nitrogenados, siendo 60 N quien presenta mayor % de SD y MCS. En ambas variables las diferencias se observaron en el contraste ortogonal. Es preciso señalar la baja contribución que hicieron las MCS tanto en disponible como en remanente, las cuales fueron menores a 8%, así mismo, para SD el aporte fue menor al 5%. Analizando las mismas variables en cuanto al período, se destaca el mayor aporte de las MCS en invierno-primavera tanto en el forraje disponible como en el remanente, las mismas descienden en el período primaveral. Para el caso del SD, no presentó diferencias significativas para el forraje

disponible entre períodos, mientras que para el remanente fue superior en invierno-primavera.

En línea general las HE se mantuvieron con bajos aportes sobre todo en invierno e invierno-primavera, no presentando diferencias significativas entre tratamientos, mientras que para el caso de la primavera el CN se diferenció significativamente con los tratamientos nitrogenados, los cuales registraron las menores medias.

Respecto a la producción de forraje en el experimento 2, no se observan diferencias entre los tratamientos con dosis de fertilización 60 y 120 N, para las variables TC, PMS, MSD, AltD., MSR, AltR. y MSdes., para estos tratamientos nitrogenados, se destaca la similitud de las medias registradas en este experimento con las del experimento 1. Analizando el efecto de historia de fertilización, se determina mayor media para TC y PMS en el tratamiento de mayor historia, siendo 38 y 39% superior respectivamente. Así mismo, no se encontraron diferencias significativas para las variables MSD y AltD., respecto a las medias de las variables MSR y AltR. fueron mayor en tratamiento con menor historia, lo contrario sucede con la MSdes. quien fue mayor con más historia de fertilización.

En cuanto a período, para las mismas variables mencionadas anteriormente, la TC y PMS fueron en aumento gradual desde el invierno hacia la primavera, destacándose en un 220 y 244% más respectivamente. El resto de las variables como AltD., MSR y AltR. también fueron superiores en primavera, a su vez, se observa la interacción entre período y efecto de la historia de fertilización de MSD y MSdes. las cuales presentan mayor media en primavera con más historia.

En base a la composición botánica del experimento 2, no se observan diferencias significativas entre los grupos de especies cuando se analiza el efecto de dosis e historia de fertilización, excepto para el grupo gramínoles quien presenta mayor contribución con 120 N respecto a 60 N. En cuanto a período, en invierno es donde el aporte de las GPE (TF) es menor en términos relativos, mientras que en la primavera se incrementa al igual que la contribución de cardos, no se determinaron diferencias significativas en los grupos de gramíneas (O-D), gramínoles y leguminosas. Respecto a las GAI (TF) se observó una interacción entre historia de fertilización y período, resaltando su alta contribución en la primavera y no detectando diferencias dentro de período si se compara el efecto de la mayor y menor historia. En cuanto a las GPI (TF) se determinó una triple interacción entre dosis, historia y período, destacándose el mayor aporte que hacen estas en la primavera. Por lo que se infiere la baja incidencia que presenta el efecto dosis e historia de fertilización en relación a la composición botánica.

Para las variables SD, HE y RS en el forraje disponible, no se encontraron diferencias en cuanto al efecto de dosis y de historia, con excepción de las HE quien

presentó mayor media con más historia de fertilización. Según el período, no hay grandes diferencias, pero existe una tendencia a la disminución por parte de HE y RS en la primavera. Es preciso mencionar la baja proporción de todas las variables, atribuido al correcto manejo, que hace que se ejerza una competencia a favor de las especies productivas.

Las MCS presentan una interacción entre historia y período, notando la mayor contribución que hacen las mismas en invierno. Las parcelas con mayor historia en este período son significativamente diferentes a las parcelas con más y menos historia en el período primaveral.

Respecto al RS en el forraje remanente presenta mayor proporción en invierno con una diferencia muy contrastante con los otros dos períodos. El MV y RS son dos variables relacionadas, por lo tanto el MV fue menor en invierno, con un aumento progresivo hacia la primavera y con un descenso inversamente proporcional lo hacen los RS.

En relación al SD en forraje remanente, se analiza la interacción de dosis por historia, destacándose el mayor registro en 120 N con mayor historia, en comparación a las restantes medias.

Para lograr una mayor producción de forraje con el agregado de N es necesario un ajuste en la OF.

El coeficiente de variación de la mayoría de los datos presentados en el ANAVA fue elevado, lo que no permite la detección de diferencias significativas en todas las variables.

5. CONCLUSIONES

La producción de forraje en el total del período demostró ser superior en todos los tratamientos de fertilización y mejoramiento con leguminosas respecto al CN.

En el período primaveral se observa la mayor producción de forraje en relación a los demás períodos.

La mayor historia de fertilización presenta un aumento significativo en la producción de forraje.

Con niveles crecientes de intervención se observa un aumento significativo de GAI (TF), desplazando a las GPE (TF), lo que provoca una anualización de las pasturas. Con la fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas aumenta la relación especies invernales/estivales, determinando una mayor calidad de la pastura y por ende una mejora en la capacidad engordadora del CN.

6. RESUMEN

El experimento tuvo lugar en Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”), ubicada en el km 363 de la ruta General Artigas No. 3, departamento de Paysandú, Uruguay, en el potrero 18, el cual pertenece a un área de campo natural. El experimento se inició el 10 de junio de 2019 y finalizó el 23 de diciembre de 2019. El mismo fue dividido en tres períodos: invierno (10/06 al 15/08), invierno-primavera (15/08 al 22/10) y primavera (22/10 al 23/12). El objetivo consistió en evaluar la respuesta del campo natural en la producción de forraje y los cambios en la composición botánica, ante la intervención del mismo, con agregado de fertilizantes a diferentes dosis y/o introducción de leguminosas. Se realizó bajo pastoreo rotativo vacuno, con ajustes estacionales de la OF. El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBCA), con cuatro repeticiones, en las cuales se evaluó un testigo sin intervención (CN), mejoramiento con leguminosas y agregado de fósforo (CNM) y dos niveles de nitrógeno 60 y 120 kg/ha (60N) y (120N). Por otro lado se evaluó el efecto de la historia de fertilización y las diferentes dosis aplicadas (60N) y (120N) en el bloque 5 con dos repeticiones. Las variables analizadas fueron: producción de materia seca (PMS), tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura disponible (AltD.), materia seca remanente (MSR), altura remanente (AltR.), materia seca desaparecida (MSdes.), evolución de la composición botánica con los diferentes grupos de especies analizadas, suelo desnudo (SD), restos secos (RS) y maleza de campo sucio (MCS). Como resultado, se determinó que la producción de forraje promedio en el total del período fue superior en todos los tratamientos en comparación al CN. Con respecto a los períodos, se destaca la mayor producción de forraje en la primavera, lo que se le atribuye al incremento de las temperaturas que aceleran la velocidad de aparición y elongación foliar, a la buena disponibilidad hídrica en el período y al aumento de los nutrientes dado a la mayor tasa de mineralización. Para las variables MSD y MSR se determinó que para la primera no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, para la MSR se detectaron diferencias, siendo mayor en los tratamientos nitrogenados, lo cual se atribuye a la mayor recuperación de la pastura debido al uso del N. En cuanto a la composición botánica se determinó una superioridad de GPE (TF) en el CN respecto a los demás tratamientos, mientras que con las GAI (TF) sucede lo contrario, son superiores en todos los tratamientos respecto al CN, dado a que aumentan su frecuencia en ambientes fértiles, lo cual hace que las GPE (TF) se vean desplazadas. Respecto a las leguminosas, las mismas se encuentran en alta proporción en el CNM con respecto a los demás tratamientos. Por el contrario las GPI (TF) presentan menor proporción en el mejoramiento con leguminosas. Las restantes especies estudiadas, en general se encontraron en baja proporción y a su vez no se detectaron diferencias significativas. En primavera se observó que tanto las gramíneas invernales como los cardos tienen mayor media, diferenciándose significativamente de los demás períodos. Por el contrario las leguminosas presentaron en invierno e invierno-primavera mayor proporción respecto a la primavera, explicado por el cambio fenológico que experimentan las diferentes especies

en cada período. Para los restantes grupos de especies no se detectaron diferencias significativas en cuanto a su aporte en los distintos períodos. En cuanto al análisis de la historia de fertilización, el tratamiento con mayor historia presentó la mayor PMS y TC, lo que está explicado por un efecto residual del N, contribuyendo a una mayor producción de forraje anual. Para las variables MSD y AltD., no se constataron diferencias según la historia de fertilización, pero sí se observaron diferencias significativas para las variables MSR, AltR., y MSdes. A su vez, para los tratamientos nitrogenados con dosis de 60N y 120N no se determinaron diferencias para ninguna de las variables descritas anteriormente. Analizando los períodos en estudio, se destaca en primavera la mayor PMS y TC, dado a las condiciones de temperatura, radiación y disponibilidad hídrica que contribuyen al incremento de producción respecto a los demás períodos. Del mismo modo, se destacan las variables: MSD, AltD., MSR, AltR. y MSdes. también superior en primavera. Cabe destacar la interacción entre historia de fertilización y período en cuanto a la MSD, la cual es mayor para la primavera con mayor historia de fertilización explicado por el efecto residual del N, el cual queda en evidencia dado a que las condiciones climáticas en primavera son inmejorables en cuanto al crecimiento de la pastura, acompañado el mayor aporte que hacen las GAI (TF) dado la misma interacción. Siguiendo con la variable MSdes. y analizando la interacción anterior, se observa que la misma es superior en el tratamiento con mayor historia de fertilización en primavera, lo cual se infiere está dado por el efecto de la utilización de la pastura en ese período, junto a la mayor MSD. En cuanto a la composición botánica, no se detectaron diferencias significativas según dosis de N para ningún grupo de especies, excepto para los GM, siendo menor su aporte en las fracciones con 60 unidades de N, del mismo modo tampoco se detectan diferencias significativas entre grupos de especies según el efecto de la historia de fertilización. En cuanto a RS, la menor contribución se da en primavera en todos los tratamientos, el CN presentó el mayor aporte de RS en invierno, explicado por la acumulación de material muerto generado por las GPE. Para historia de fertilización no se determinan diferencias significativas en cuanto a RS. Analizando las variables SD, HE y MCS se destaca su baja contribución en todos los tratamientos no superando el 10%. Se observa que con más historia de fertilización las HE presentan su mayor aporte debido a la degradación que sufren las pasturas naturales, para las variables SD y MCS la historia de fertilización no presentó efecto.

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

7. SUMMARY

The experiment took place in Faculty of Agronomy. EEMAC (Experimental Station “Mario A. Cassinoni”), located at km 363 of the General Artigas route No. 3, Paysandú Department, Uruguay, at the paddock No. 18, which is a natural pasture area. The experiment began the 10th of June of 2019 and ended the 23rd of December of 2019. This time was divided into three different periods: winter (from 06/10 to 08/15), winter-spring (from 08/15 to 10/22) and spring (from 10/22 to 12/23). The objective was to evaluate the response of the natural field in terms of forage production and changes in the botanical composition when faced to an intervention, which involved the addition of fertilizers at different doses and/or the introduction of leguminous. It was carried out under rotational grazing, with OF seasonal adjustments. The experimental design consisted of a complete randomized blocks (DBCA), with four replications, during which it was assessed a non-intervened witness (CN), a leguminous and phosphore added improvement (CNM) and two levels of nitrogen 60 and 120 kg/ha (60N) and (120N). On the other side, the fifth block was evaluated, with two repetitions, on the effect the fertilization history and the different doses of nitrogen applied (60N) and (120N) had on it. The analyzed variables were: net production of dry matter (PMS), the growth rate (TC), available dry matter (MSD), available height (AltD.), remanent dry matter (MSR), remanent height (AltR.), missing dry matter (MSdes.), botanical composition evolution with the different analyzed species groups, bare ground (SD), dry remnants (RS) and dirty field weed (MCS). As a result, it was determined that the average forage production in the whole period was superior for every treatment compared to the CN. Regarding the periods, a higher production during Spring is noted, this is attributed to the increased temperatures which accelerate the foliar formation and elongation rate, to the good hidric availability during this period, as well as the increased nutrients produced by the higher mineralization rate. Regarding the MSD and MSR, it was determined that for the first no significant differences were appreciated, whereas, for the MSR, differences were indeed detected, being higher for the nitrogenated treatments, which is attributed to the higher recovery of the pasture due to the N usage. Concerning the botanical composition it was determined a superiority in GPE (TF) in the CN compared to the other treatments, however, the opposite is observed with the GAI (TF), every treatment is superior to that of CN, because they appear more frequently in fertilized environments, which makes the GPE (TF) to be displaced. With regards to leguminous, they are found in higher proportions compared to the other treatments. On the contrary, the GPI (TF) represented a lower proportion with the leguminous enhancement. The other species studied, in general, were found in a low proportion, and at the same not significant differences were found. During Spring not only the winter grasses, but the thistles had a higher average, significantly differentiating from the rest of the periods. On the contrary, the leguminous presented, during the Winter and Winter-Spring periods, a higher proportion than during the Spring period, this is explained by the phenological changes suffered by the species during each season. With regards to the restant species groups no significant differences were noted about their contribution

during the different periods. Regarding the analysis made about the fertilization history, the treatment with the longer history presented a higher PMS and TC, which is explained by the residual effect generated by the N, contributing to a higher annual forage production. About the MSD and AltD. variables, no differences were verified according to the fertilization history, however, significant differences were found for the variables MSR, AltR., and MSdes. At the same time, for the nitrogenated treatments with 60N and 120N doses no differences were determined for any of the other variables previously described. Analysing the studied periods, Spring presented the higher PMS and TC, given the temperature, radiation and hidric availability conditions, which contributed to the productivity increase compared to the other periods. In the same line, the MSD, AltD., MSR, AltR. and MSdes. variables stood out, superiorly during Spring. It is important to take into account the relationship between the fertilization history and the period regarding the MSD, wichs is higher for spring with higher fertilization history due to the N residual effect previously explained, which is evidenced given that the climatological conditions during Spring for pasture growth are unbeatable, with the higher input made by the GAI (TF) matching due to the same interaction. Carrying on with the MSdes. variable and analysing the previous interaction, it is observed that it is superior in the higher history fertilized treatment in Spring, which is inferred to be due to the effect of the pasture utilization during such period, alongside with the higher MSD. Regarding the botanical composition, no significant differences were noted for the differential N doses used for any of the species, except for the GM, having the lowest contribution in the fractions with 60 units of N, on the same line, no significant differences were noted between the species groups when analyzed the different fertilization history effect. Concerning the RS, its lower contribution is found during Spring for all treatments, on its behalf, the CN presented the highest contribution for RS in Winter, this explained by the accumulation of dead material generated by the GPE. Respecting the fertilization history, no significant differences were determined regarding RS. When analyzed, the SD, HE and MCS variables, what stands out is its low contribution for every treatment, never surpassing the 10%. It is assessed that the highest HE input appears with higher fertilization history, due to the degradation suffered by the natural pastures, however, for the SD and MCS variables, the fertilization history presented no effect.

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

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguinaga, A. J. Q.; Aguinaga, A. A. Q.; Nabinger, C.; Carvalho, P. C.; Frizzo, A.; Guma, J.; Cauduro, G.; Crancio, L. 2004. Produção de forragem de uma pastagem natural da depressão central do RS, submetida a diferentes níveis e sequencias de oferta de forragem. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (41^a., 2004, Campo Grande, MS). Anais. Mato Grosso do Sul, s.e. s.p.
2. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
3. Álvarez, M. C.; Alzaga, G.; Nopitsch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 137 p.
4. 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).
5. _____.; _____. 1995. Evaluación productiva de mejoramientos extensivos sobre suelos de lomadas en la región Este. In: Jornada Técnica (1995, Treinta y Tres). Mejoramientos extensivos: manejo y utilización. Montevideo, INIA. pp. 26-35 (Actividades de Difusión no. 75).
6. _____.; Bermúdez, R.; Carámbula, M.; Risso, D.; Terra, J. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de lomas del Este. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 69-108 (Boletín de Divulgación no. 76).
7. _____.; Bermúdez, R. 2005. Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de lomadas en la región Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 41-50 (Serie Técnica no. 151).
8. _____.; Bendersky, D. 2017. Modificaciones de la productividad del campo natural vía incorporación de especies y nutrientes: oportunidades y consecuencias. In: Reunión del Grupo Técnico en forrajeras del Cono

Sur, Grupo Campos (24^a., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 14-23.

9. Azanza, A.; Panizza, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.
10. Bemhaja, M.; Berretta, E. J. 1991. Respuesta a la siembra de leguminosas en Basalto profundo. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 103-114 (Serie Técnica no. 13).
11. _____. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
12. _____. 1996. Producción de pasturas en Basalto. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 231-240 (Serie Técnica no. 80).
13. _____. 1998a. Caracterización de mejoramiento de campo bajo diferentes cargas con novillos durante tres años. In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 83-91 (Serie Técnica no. 102).
14. _____. 1998b. Mejoramiento de campo en Basalto Profundo. Evaluación de leguminosas: géneros, especies y variedades. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 102).
15. _____. 1998c. Mejoramiento de campo: manejo de leguminosas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-62 (Serie Técnica no. 102).
16. _____.; Berretta, E.; Brito, G. 1998d. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en Basalto profundo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).

17. _____. 2006. Productividad forrajera de comunidades de campo natural. In: Bemhaja, M.; Pittaluga, O. eds. 30 años de investigación en suelos de areniscas de Tacuarembó. Montevideo, INIA. pp. 33-38 (Serie Técnica no. 159).
18. _____.; Berretta, E.; Zerbino, S.; Cadenazzi, N. 2008. Contribución de las raíces de comunidades de campo natural bajo diferentes niveles de NP con pastoreo controlado en Basalto. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 146-147.
19. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 151).
20. Berretta, E. 1988. El pastoreo como herramienta para mejorar la productividad de las pasturas naturales. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos y Chaco (9^a., 1987, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Tacuarembó, s.e. pp. 79-93.
21. _____.; Levratto, J. C. 1990. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de especies. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2^o., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 197-204.
22. _____. 1996. Campo natural: valor nutritivo y manejo. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113 - 128 (Serie Técnica no. 80).
23. _____. 1998a. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 91-97 (Serie Técnica no. 102).
24. _____.; Risso, D. F.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S. 1998b. Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización de las Tecnologías para Basalto (1998,

- Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63-74 (Serie Técnica no.102).
25. _____. 1998c. Principales características de las vegetaciones de los campos de Basalto. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 11-20 (Serie Técnica no. 94).
 26. _____.; Risso, D.; Bemhaja, M. 2001. Tecnología para la mejora de la producción de forraje en suelos de Basalto. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 2-34 (Boletín de Divulgación no. 76).
 27. _____. 2005a. Algunas consideraciones sobre el pastoreo racional Voisin. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 115-123 (Serie Técnica no. 151).
 28. _____. 2005b. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de Basalto. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Salto Grande). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 61-74 (Serie Técnica no. 151).
 29. _____. 2009. Algunos aspectos sobre la biodiversidad de los campos naturales. Revista INIA. no. 20:21-25.
 30. 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 28 may. 2021. Disponible en <https://es.calameo.com/read/004233671ecd6b2fc8621>
 31. _____.; Zanoniani, R.; Millot, J. C. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 105-114 (Serie Técnica no. 151).
 32. _____.; Berretta, E. J. 2006. Factores que afectan la biodiversidad natural del campo natural. *In*: Reunião do Grupo Técnico em

Forrageiras do Cone Sul, Grupo Campos (21a., 2006, Pelotas, RS, Brasil). Desafios e oportunidades do bioma campos frente á expansão e intensificação agrícola. Pelotas, EMBRAPA. pp. 93-104.

33. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 241 p.
34. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 12-13 (Serie Técnica no. 19).
35. _____. 1992. Mejoramientos extensivos; fundamentos. In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región Este: resultados experimentales 1991-92. Montevideo, INIA. pp. 12-16 (Actividades de Difusión no. 75).
36. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
37. _____.; Ayala, W.; Carriquiry, E. 1998. Algunos aspectos de manejo de mejoramientos extensivos. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14°, 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 45-48 (Serie Técnica no. 94).
38. Cardoso, R.; Kunrath, T.; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Campos (22ª., 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad: memorias. Montevideo, INIA. pp. 206-207.
39. Carvalho, P.; Dos Santos, D.; Neves, F. 2007. Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal. In: Dall'Agnol, M.; Nabinger, C.; Menezes Santana, D.; Jaworski dos Santos, R. orgs. Sustentabilidade produtiva do bioma pampa. Porto Alegre, Gráfica Metrópole. pp. 23-60.
40. 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 (24ª., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 131-133.

41. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants AF plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Krrling and Mundy. pp. 95-104.
42. Correa, D.; Maraschin, G. 1994. Crescimento e desaparecimento de uma pastagem nativa sob diferentes níveis de oferta de forragem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Brasília). 29 (10):1617- 1623.
43. Correa, F.; Alvim Silva, L. 1998. Carga e ganho animal em campo nativo melhorado. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1994, Salto). *Anales*. Montevideo, INIA. pp. 91-93 (Serie Técnica no. 94).
44. De Brum, E. 2004. Descripción de mejoramientos de campo con trébol blanco (*Trifolium repens*) y lotus (*Lotus corniculatus*) en el departamento de Artigas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 134 p.
45. Díaz, R.; Jaurena M.; Ayala, W. 2008. Impacto de la intensificación productiva sobre el campo natural en Uruguay. *Revista INIA*. no.14:16-21.
46. Díaz-Zorita, M. 1997. Verdeos de invierno. In: Melgar, R.; Díaz-Zorita, M. eds. *La fertilización de cultivos y pasturas*. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp. 175-182.
47. Duhalde, M.; Silveira, M. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada y mejoramiento de campo natural sobre la productividad invierno primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 176 p.
48. Durán, A. 1985. Factores y procesos de la formación del suelo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 143 p.
49. Fernández Grecco, R. C.; Mazzanti, A.; Echeverría, H. E. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de forraje de un pastizal natural de la pampa deprimida bonaerense (Argentina). In: Congreso Argentino de Producción Animal (19^o., 1995, Mar del Plata, AR). *Memorias*. *Revista Argentina de Producción Animal*. 15 (11):173-176.

50. Ferraro, D.; Oosterheld, M. 2002. Effect of defoliation on grass growth. A quantitative review. *Oikos Journal*. 98 (1):125-133.
51. Formoso, F. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. *In*: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. *Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, INIA. pp. 1 - 20 (Serie Técnica no. 80).
52. García Petillo, M. 2012. Conceptos básicos para el manejo y diseño de riego. *In*: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (2º., 2012, Salto, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Grupo Desarrollo de Riego. pp. 23-32.
53. Gomes, L. H.; Maraschin, G. E.; Riboldi, J. 1998. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica da pastagem natural. II. Composição florística. Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul: desafios para o III milênio. *In*: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Zona Campos (17ª., 1998, Lages, SC). Resumos. Lages, s.e. p. 137.
54. Gómez, J.; Do Carmo, M. 2019. Oferta de forraje: una herramienta para incrementar la producción del rodeo de cría. *Revista Recursos Naturales*. no. 171:54-56.
55. Hart, R.; Marilyn, S.; Test, P.; Smith, M. 1988. Cattle, vegetation and economic responses to grazing systems and grazing pressure. *Journal of Range Management*. 41 (24):282-286.
56. 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.
57. Heitschmidt, R.; Dowhower, S.; Pinchak, W.; Canon, S. 1989. Effects of stocking rate on quantity and quality of available forage in a southern mixed grass prairie. *Journal of Range Management*. 42 (6):468-473.
58. _____; Walker, J. 1997. Grazing management: technology for sustainable rangeland ecosystems? *In*: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Viçosa, MG, Brasil). Proceedings. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 303-331.

59. Hodgson, J. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production: an evaluation of research results. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 44:99-104.
60. Jaurena, M.; Mayans, M.; Punschke, K.; Reyno, R.; Millot, J.; Labandera, C. 2005. Diversidad simbiótica en leguminosas forrajeras nativas: aportes para el mejoramiento sustentable del campo natural. *In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Tacuarembó)*. Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 9-14 (Serie Técnica no. 151).
61. _____; Formoso, D.; Gómez Miller, R.; Rebuffo, M. 2013. Campo natural: patrimonio del país y fundamento de la estabilidad productiva de la ganadería. *La diversidad importa. Revista INIA*. no. 32:31-35.
62. _____; Lezama, F.; Salvo, L.; Cardozo, G.; Ayala, W.; Terra, J.; Nabinger, C. 2016. The dilemma of improving native grasslands by overseeding legumes: 109 production intensification or diversity conservation. *Rangeland Ecology and Management*. 69 (1):35-42.
63. Jia, X.; Dukes, M. D.; Jacobs, J. M. 2009. Bahiagrass crop coefficients from eddy correlation measurements in central Florida. *Irrigation Science*. 28(1):5-15.
64. Larratea, F.; Soutto, J. P. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 141 p.
65. Lemaire, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. *In: Simposio Internacional Sobre Produção Animal em Pastejo (1997, Viçosa, MG, Brasil)*. Trabalhos apresentados. Viçosa, MG, BR, Universidade Federal Viçosa. Departamento de Zootecnia. pp. 116-141.
66. _____; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; de F. Carvalho, P. C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingford, CABI. pp. 265-286.
67. Luberriaga, J.; Robuschi, M. 2017. Respuesta a la intervención de un campo natural sobre la producción primaria y composición botánica. Tesis Ing.

Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.

68. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. Esc. 1:1.000.000.
69. _____. _____. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: descripción de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. t.3, 452 p.
70. Maraschin, E. G.; Mott, G. 1989. Resposta de uma complexa mistura de pastagem tropical a diferentes sistemas de pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Brasília). 24 (2):221-227.
71. _____.; Almeida, E.; Harthmann, O. 1997. Pasture dynamics of Mottdwarf elephant grass as related to animal performance. *In*: International Grassland Congress (18th., 1997, Saskatchewan). Proceedings. Saskatchewan, Canada, s.e. pp. 25-26.
72. _____. 1998. Utilização, manejo e produtividade das pastagens nativas da região sul do Brasil. *In*: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3^o., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens: anais. Canoas, Universidad de Luterana do Brasil. pp. 29-39.
73. Mazzanti, A.; Lemaire, G. 1994. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. Grass and Forage Science. 49 (3):352-359.
74. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). 2009. Características climáticas de Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 20 jun. 2021. Disponible en <http://meteorologiauruguay.blogspot.com/2009/04/caracteristicas-climaticas-de-uruguay.html>
75. Melbourne, B.; Cornell, H.; Davies, K.; Dugaw, C.; Elmendorf, S.; Freestone. 2007. Invasion in a heterogeneous world: resistance, coexistence or hostile takeover? Ecology Letters. 10:77-94.
76. Mezzalira, J.; Carvalho, P.; Kuhn, J.; Bremm, C.; Fonseca, L.; Fonseca, M.; Vizzotto, M. 2012. Produção animal e vegetal em pastagem nativa

manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. *Ciencia Rural* (Santa María). 42 (7):1264-1270.

77. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2014. Censo agropecuario. (en línea). Montevideo. pp. 25-29. Consultado 23 jun. 2021. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2014/diea-Anuario%202014-Digital01.pdf>.
78. Millot, J.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
79. Molfino, J. H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay: segunda aproximación. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. División Suelos y Aguas. s.p. Consultado 28 jul. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807174344.pdf>.
80. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, G. 1995. Consideraciones sobre utilización de pasturas. *In*: Risso, D.; Berreta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-103 (Serie Técnica no. 80).
81. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. *In*: International Grassland Congress (8th., 1960, Reading, England). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 606-611.
82. Nabinger, C. 1996. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidade de pesquisa. *In*: Reunião do Grupo Técnico Regional do Conde do Sul (zona campos) em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical (16^o., 1996, Porto Alegre, RS, Brasil). Trabalhos apresentados. Porto Alegre, s.e. pp. 17-61.
83. _____. 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. *In*: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3^o., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens: anais. Canoas, Universidad de Luterana do Brasil. pp. 54-107.

84. _____.; Dall'agnol, M. E.; De Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: Nabinger, C. ed. Manejo conservacionista de pastagens: um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, Brasil, s.e. s.p.
85. _____.; De Faccio Carvalho, P.; Cassiano Pinto, E.; Mezzalira, J. C.; Martins Brambilla, D.; Boggiano, P. 2011. Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿es posible mejorarlos con más productividad? Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 19(3-4):27-34.
86. Oliveira, L. B.; Soares, E. M.; Jochims, F.; Tiecher, T.; Marques, A. R.; Kuinchtner, B. C.; Rheinheimer, D. S.; Quadros, L. F. F. 2015. Long-term effects of phosphorus on dynamics of an overseeded natural grassland in Brazil. Rangeland Ecology and Management. 68(6):445-452.
87. Pallares, O.; Pizzio, R. 1998. Introducción de especies para el mejoramiento del Campo Natural en el Sur de Corrientes – Argentina. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 31-38 (Serie Técnica no. 94).
88. Pizzio, R.; Royo, O. 1998. Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad. Efecto de la carga animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1998, Tacuarembó). Anales. Montevideo, INIA. pp. 133-140 (Serie Técnica no. 94).
89. Poppi, D.; Hughes, T.; L'Huillier, P. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol, A. M. ed. Feeding livestock on pasture. Hamilton, New Zealand Society of animal Production. pp. 55-63 (Occasional Publication no. 10).
90. Reffatti, M.; Mezzalira, J.; Silva, C.; Devicenzi, T.; Schimidt, F.; Adami, P.; Carvalho, P. 2008. Produção de forragem em função da manipulação estacional da oferta de forragem em pastagem natural do Sul do Brasil. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a, 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, s.e. pp. 30-98.

91. Risso, D.; Morón, A. 1990. Evaluación de mejoramientos extensivos de pasturas naturales en suelos sobre Cristalino (1984-1990) (II). *In*: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 233-249.
92. _____. 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 (14º., 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 23-30 (Serie Técnica no. 94).
93. _____.; Berretta, E.; Zarza, A. 2001. Tecnología para la mejora de la producción de forraje en suelos sobre Cristalino. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 39-65 (Boletín de Divulgación no. 76).
94. _____.; _____.; _____.; Cuadro, R. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engorde de novillos en la Región de Cristalino. *In*: Risso, D. F.; Montossi, F. eds. Mejoramientos de campo en la región de Cristalino: fertilización, producción de carne y persistencia productiva. Montevideo, INIA. pp. 3-30 (Serie Técnica no. 129).
95. _____. 2005. Prólogo. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 7-8 (Serie Técnica no. 151).
96. _____.; Cuadro, R.; Morón, A. 2014. Respuesta de un mejoramiento de campo a estrategias de fertilización fosfatada sobre un suelo de basalto. (en línea). *In*: Berretta, E.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 35-53 (Serie Técnica no. 217). Consultado 21 jun. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4262/1/ST-217p35-53.pdf>.
97. Rodríguez Palma, R. 1998. Fertilización nitrogenada de un pastizal de la Pampa deprimida: crecimiento y utilización del forraje bajo el pastoreo de vacunos. Tesis Magister Scientiae. Balcarce, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 135 p.

98. _____.; Saldanha, S.; Andión, J.; Vergnes, P. 2004. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto. 1. Producción de forraje. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (20^{a.}, 2004, Salto, Uruguay). Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 298-299.
99. _____.; Rodríguez, T. 2008. Fertilización de campo natural: respuesta en producción animal. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^{a.}, 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, s.e. pp.129-131.
100. _____.; _____. 2010. Fertilización de campo natural: producción animal. (en línea). *In*: Congreso Asociación Uruguaya de Producción Anual (3^{o.}, 2010, Montevideo). Trabajos presentados. Agrociencia (Uruguay). 14 (3):134-137. Consultado 28 may. 2021. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/423/339>.
101. _____.; _____. 2017a. Campo natural de Basalto: ¿cuánto responde en producción de forraje? *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (24^{a.}, 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 57-59.
102. _____.; _____. 2017b. Fertilización de campo natural: respuesta en producción animal. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (24^{a.}, 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 137-139.
103. Rogler, G. A.; Lorenz, R. J. 1957. Nitrogen fertilization of northern great plains rangeland. Press, A. Society for Range. Journal of Range Management. 10 (4):156-160.
104. Rosengurtt, B. 1943. Estudio sobre praderas naturales del Uruguay: 3^{a.} contribución. Montevideo, Barreiro y Ramos. 268 p.
105. _____. 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.

106. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo: campo natural, base forrajera del rodeo de cría. Reimp. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 321 p.
107. Saldanha, S. 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de Basalto y suelos arenosos de Cretácico. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 75-84 (Serie Técnica no. 151).
108. Santos, D. 2007. Manipulação da oferta de forragem em pastagem natural; efeito sobre o ambiente de pastejo e o desenvolvimento de novilhas de corte. Tese Doutorado- Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 259 p.
109. Sevrini, M.; Zanoniani, M. 2010. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Bromus auleticus* Trinus en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 98 p.
110. 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 empastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciência Rural*. 35 (5):1148-1154.
111. Soca, P.; Rinaldi, C.; Espasandín, A. 1998. Presiones de pastoreo, reducción del área pastoreada y comportamiento animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1998, Salto). *Anales*. Montevideo, INIA. pp. 157-162 (Serie Técnica no. 94).
112. Soons, M.; Hefting, M.; Dorland, E.; Lamers, L.; Versteeg, C.; Bobbink, R. 2016. Nitrogen effects on plant species richness in herbaceous communities are more widespread and stronger than those of phosphorus. *Biological Conservation*. 212:390-397.
113. Symonds, R. 1982. Métodos para mejorar la eficiencia en la utilización de pasturas mejoradas en el crecimiento y engorde de novillos en el litoral. *Miscelánea CIAAB*. no. 39:1-8.

114. Tiecher, T.; Olivera, L. B.; Rheinheimer, D. S.; Quadros, F. L.; Gatiboni, L. C.; Brunetto, G.; Kaminski, J. 2014. Phosphorus application and liming effects on forage production, floristic composition and soil chemical properties in the Campos biome, southern Brazil. *Grass and Forage Science*. 69:567-579.
115. Tilman, D. 1993. Species richness of experimental productivity gradients: how important is colonization limitation? *Ecology*. 74:2179-2191.
116. Tothill, J. C. 1978. Measuring botanical composition of grasslands. In: Mannerje, L. ed. Measurements of grassland vegetation and animal production. Hurley, s.e. pp. 22-55.
117. _____; Hargreaves, J. N. G.; Jones, R. N.; McDonald, C. K. 1992. Botanical: measuring the botanical composition of grazed pastures. St. Lucia, Brisbane, Queensland, Australia, CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. 24 p.
118. Vitousek, P. M.; Aber, J. D.; Howarth, R. W. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*. 7:730-737.
119. Willems, J. H.; Van Nieuwstadt, M. G. L. 1996. Long-term after effects of fertilization on above-ground phytomass and species diversity in calcareous grassland. *Journal of Vegetation Science*. 7:177-184.
120. Zamalvide, J. 1998. Fertilización de pasturas. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1998, Salto) Anales. Montevideo, INIA. pp. 97-107 (Serie Técnica no. 94).
121. Zanoniani, R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
122. _____; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. (en línea). *Agrociencia (Uruguay)*. 15 (1):115-124. Consultado 21 may. 2021 Disponible en

http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482011000100013

9. ANEXOS

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

Localidad: Paysandú Año: 2019 Lámina: 86 mm. Suelo: Brunosol Éútrico Típico.

Fecha		Precip. (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	Alm. (mm)	Var. alm. (mm)	ETR (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
Junio	1 ^{er} .década	7,6	15,6	-8,0	65,3	-6,4	14,0	1,6	0,0
	2 ^{da} .década	186,4	7,0	179,4	86,0	20,7	7,0	0,0	158,7
	3 ^{er} .década	8,4	10,4	-2,0	84,0	-2,0	10,4	0,0	0,0
Julio	1 ^{er} .década	0,4	15,5	-15,1	70,5	-13,5	13,9	1,6	0,0
	2 ^{da} .década	4,8	17,3	-12,5	61,0	-9,5	14,3	3,0	0,0
	3 ^{er} .década	23,0	15,5	7,5	68,5	7,5	15,5	0,0	0,0
Agosto	1 ^{er} .década	61,4	16,6	44,8	86,0	17,5	16,6	0,0	27,3
	2 ^{da} .década	0,8	18,7	-17,9	69,8	-16,2	17,0	1,7	0,0
	3 ^{er} .década	42,2	21,1	21,1	86,0	16,2	21,1	0,0	5,0
Setiembre	1 ^{er} .década	36,8	28,0	8,8	86,0	0,0	28,0	0,0	8,8
	2 ^{da} .década	31,4	24,6	6,8	86,0	0,0	24,6	0,0	6,8
	3 ^{er} .década	1,8	35,0	-33,2	58,5	-27,5	29,3	5,7	0,0
Octubre	1 ^{er} .década	53,2	24,4	28,8	86,0	27,5	24,4	0,0	1,3
	2 ^{da} .década	100,4	20,7	79,7	86,0	0,0	20,7	0,0	79,7
	3 ^{er} .década	52,2	31,4	20,8	86,0	0,0	31,4	0,0	20,8
Noviembre	1 ^{er} .década	47,8	33,9	13,9	86,0	0,0	33,9	0,0	13,9
	2 ^{da} .década	0,2	44,5	-44,3	51,4	-34,6	34,8	9,7	0,0
	3 ^{er} .década	50,6	43,3	7,3	58,7	7,3	43,3	0,0	0,0
Diciembre	1 ^{er} .década	2,4	47,2	-44,8	34,9	-23,8	26,2	21,0	0,0
	2 ^{da} .década	128,8	45,5	83,3	86,0	51,1	45,5	0,0	32,1
	3 ^{er} .década	59,0	47,0	12,0	86,0	0,0	47,0	0,0	12,0

Anexo No. 2. Cuadro de análisis de varianza para las variables de producción primaria según tratamiento en el período total del experimento 1

Tratamiento	PMS	TC	MSD	AltD.	MSR	AltR.	MSdes.
p-valor	0,0297	0,0326	0,4435	0,1078	0,0439	0,6728	0,1732
CV	41,2	44,97	17,09	15,89	30,94	13,85	43,81
DMS	1399	7,6	508	3,8	143	1.6	543
Media de los tratamientos							
CN	3486 B	18.18	2316 A	15,6 A	1258 B	10,3 A	1350 A
CNM	5353 A	28.16	2639 A	17,9 A	1257 B	10,1 A	1831 A
60 N	4996 A	25.88	2527 A	19,0 A	1352 AB	10,4 A	1597 A
120 N	4479 AB	22.97	2493 A	19,1 A	1415 A	10,8 A	1454 A

Anexo No. 3. Cuadro de análisis de varianza para las variables de producción primaria según período del experimento 1

Período	PMS	TC	MSD	AltD.	MSR	AltR.	MSdes.
p-valor	<0,0001	0,0001	0,0002	<0,0001	0,0012	<0,0001	0,2434
DMS	479	8,2	325	2,2	311	1,1	520
Media de los períodos							
Inv.	1049 B	17,3	2413 B	14,3 B	1240 B	10,1 B	1467 A
Inv.-prim.	1233 B	18,27	2158 B	14,5 B	1062 B	8,3 C	1410 A
Prim.	2296 A	35,82	2911 A	24,9 A	1658 A	12,8 A	1797 A

Anexo No. 4. Cuadro de análisis de la varianza para contrastes ortogonales de variables de producción primaria en el período total del experimento 1

Variable	Tratamiento	Contraste	p-valor
PMS	CN vs. todos	-485,42	0,008
	CNM vs. N	205	0,2102
	60 vs. 120	172,17	0,352
TC	CN vs. todos	-7,49	0,0103
	CNM vs. N	3,37	0,1637
	60 vs. 120	2,92	0,331
MSD	CN vs. todos	-236,94	0,1631
	CNM vs. N	128,96	0,4558
	60 vs. 120	34,25	0,8617
AltD.	CN vs. todos	-3,14	0,0247
	CNM vs. N	-1,15	0,3748
	60 vs. 120	-0,14	0,9231
MSR	CN vs. todos	-83,48	0,0902
	CNM vs. N	-125,59	0,0247
	60 vs. 120	-63,34	0,2698
AltR.	CN vs. todos	-0,13	0,7875
	CNM vs. N	-0,5	0,3506
	60 vs. 120	-0,43	0,6728
MSdes.	CN vs. todos	-277,92	0,1301
	CNM vs. N	305,25	0,1186
	60 vs. 120	143	0,5017

Anexo No. 5. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según tratamiento en el total del período del experimento 1

Tratamiento	GAI (TF)	GAI (OD)	GPI (TF)	GPI (OD)	GAE (TF)	GAE (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.	Cardos
p-valor	0,0007	0,0877	0,0259	0,3629	sd	sd	0,0024	0,4127	0,5138	<0,0001	0,4286
CV	27,08	529	35,18	240,05	sd	sd	56,98	124,2	253,1	55,78	106,56
DMS en %	11,9	0,1	9,6	1,4	sd	sd	6,8	3,3	2,3	7,7	7,2
DMS en kg	478	3,4	220	32	sd	sd	101	82	53	198	-
Media de los tratamientos en %											
CN	20,1 C	sd	22,4 A	0,4 A	sd	sd	18,9 A	4,3 A	0,7 A	0,9 B	3,4 A
CNM	32,2 B	sd	12,0 B	0,6 A	sd	sd	5,5 B	3,6 A	0,1 A	26,5 A	7,8 A
60N	46,7 A	sd	18,3 AB	1,2 A	sd	sd	9,9 B	2,2 A	0,3 A	0,9 B	7,0 A
120N	45,4 A	sd	25,2 A	0,3 A	sd	sd	7,3 B	2,9 A	1,4 A	0,6 B	6,6 A
Media de los tratamientos en kgMS/ha											
CN	490 B	sd	507 AB	7 A	sd	sd	424 A	89 A	18 A	20 B	-
CNM	863 AB	sd	331 B	15 A	sd	sd	157 B	91 A	5 A	661 A	-
60N	1247 A	sd	434 AB	27 A	sd	sd	249 B	49 A	11 A	22 B	-
120N	1189 A	sd	613 A	6 A	sd	sd	181 B	66 A	43 A	20 B	-

Anexo No. 6. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según período del experimento 1

Período	GAI (TF)	GAI (OD)	GPI (TF)	GPI (OD)	GAE (TF)	GAE (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.	Cardos
p-valor	0,0006	0,6563	0,0015	0,2361	sd	sd	0,0192	0,225	0,2095	0,0055	0,0012
DMS en %	7,4	0,1	5,2	1,1	sd	sd	4,5	3,1	1,2	3,1	5,1
DMS en kg	220	2,5	140	24	sd	sd	94	69	29	107	-
Media de los períodos en %											
Inv.	27,5 B	sd	18,6 B	0,8 A	sd	sd	13,8 A	4,5 A	1,2 A	7,3 AB	3,3 B
Inv.-prim.	42,6 A	sd	14,9 B	0,9 A	sd	sd	7,5 B	3,2 A	0,2 A	9,8 A	3,3 B
Prim.	38,2 A	sd	24,9 A	0,1 A	sd	sd	9,9 AB	2,0 A	0,4 A	4,6 B	11,9 A
Media de los períodos en kgMS/ha											
Inv.	673 C	sd	408 B	22 A	sd	sd	320 A	111 A	30 A	205 A	-
Inv.-prim.	970 B	sd	309 B	17 A	sd	sd	159 B	66 A	14 A	213 A	-
Prim.	1199 A	sd	696 A	2 A	sd	sd	279 A	44 A	6 A	124 A	-

Anexo No. 7. Cuadro de análisis de la varianza para contrastes ortogonales de variables de composición botánica en el período total del experimento 1

Variable	Tratamiento	Contraste	p-valor
GAI(TF)	CN vs. todos	-21,34	0,0003
	CNM vs. N	-13,82	0,0063
	60 vs. 120	1,27	0,7841
GAI(OD)	CN vs. todos	-0,03	0,3434
	CNM vs. N	0,1	0,0198
	60 vs. 120	0	>0,9999
GPI(TF)	CN vs. todos	3,92	0,2172
	CNM vs. N	-9,72	0,0128
	60 vs. 120	-6,94	0,0877
GPI(OD)	CN vs. todos	-0,34	0,441
	CNM vs. N	-0,16	0,7217
	60 vs. 120	0,86	0,127
GPE (TF)	CN vs. todos	11,32	0,0004
	CNM vs. N	-3,14	0,1899
	60 vs. 120	2,67	0,324
GPE (OD)	CN vs. todos	1,43	0,1975
	CNM vs. N	1,0	0,3814
	60 vs. 120	-0,8	0,5431
GM	CN vs. todos	0,05	0,9445
	CNM vs. N	-0,72	0,3515
	60 vs. 120	-1,04	0,2523
Leg.	CN vs. todos	-8,48	0,006
	CNM vs. N	25,74	<0,0001
	60 vs. 120	0,24	0,9355
Cardos	CN vs. todos	-3,71	0,1262
	CNM vs. N	1,02	0,6719
	60 vs. 120	0,43	0,8762

Anexo No. 8. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según tratamiento en disponible y remanente en el total del período del experimento 1

Tratamiento	Disponible				Remanente	
	RS	SD	HE	MCS	SD	MCS
p-valor	0,0006	0,132	0,0103	0,0867	0,3049	0,0508
CV	62,59	102,54	61,9	88,59	58,21	105,4
DMS	6,9	2,4	1,8	2,7	2,7	3,1
Media de los tratamientos						
CN	23,2 A	4,1 A	5,7 A	5,3 A	3,6 A	4,3 B
CNM	8,7 B	1,7 A	3,2 B	2,3 B	3,9 A	5,1 AB
60 N	10,4 B	2,4 A	3,7 B	3,6 AB	4,4 A	7,7 A
120 N	7,1 B	2,3 A	2,9 B	3,4 AB	2,4 A	4,4 B

Anexo No. 9. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según período en disponible y remanente del experimento 1

Período	Disponible				Remanente	
	RS	SD	HE	MCS	SD	MCS
p-valor	<0,0001	0,289	0,0479	0,0088	0,0008	0,0026
DMS	5,9	2,1	1,8	2,4	1,6	4,3
Media de los tratamientos						
Inv.	19,9 A	2,6 A	3,4 AB	3,6 AB	3,1 B	3,9 B
Inv.-prim.	14,4 A	3,4 A	3,1 B	5,6 A	5,3 A	9,9 A
Prim.	2,7 B	1,8 A	5,1 A	1,7 B	2,2 B	2,4 B

Anexo No. 10. Cuadro de análisis de la varianza para contrastes ortogonales de variables de composición botánica en el período total del experimento 1

		Disponible	
Variable	Tratamiento	Contraste	p-valor
RS	CN vs. todos	14,51	0,0001
	CNM vs. N	-0,07	0,9774
	60 vs. 120	3,32	0,2315
SD	CN vs. todos	1,89	0,0293
	CNM vs. N	-0,59	0,4681
	60 vs. 120	0,16	0,8636
HE	CN vs. todos	2,49	0,0017
	CNM vs. N	-0,05	0,9304
	60 vs. 120	0,77	0,2906
MCS	CN vs. todos	2,17	0,0265
	CNM vs. N	-1,23	0,1913
	60 vs. 120	0,19	0,8529
		Remanente	
Variable	Tratamiento	Contraste	p-valor
SD	CN vs. todos	0,06	0,9474
	CNM vs. N	0,51	0,5777
	60 vs. 120	2,0	0,0809
MCS	CN vs. todos	-1,52	0,1408
	CNM vs. N	-0,96	0,3625
	60 vs. 120	3,26	0,0199

Anexo No. 11. Cuadro de análisis de varianza para las variables de producción primaria según tratamiento e historia de fertilización en el período total del experimento 2

Tratamiento	PMS	TC	MSD	AltD.	MSR	AltR.	MSdes.
p-valor N	0,6837	0,7276	0,4622	0,4413	0,3886	0,8264	0,6727
p-valor H	0,0299	0,0245	0,6331	0,3911	0,0367	0,036	0,0391
CV	49,42	48,45	21,76	26,36	31,17	24,78	49,93
DMS	1114	6,1	270	2,5	192	1,2	426
Media de los tratamientos según dosis							
60 N	4944 A	25,0 A	2608 A	20,3 A	1312 A	9,9 A	1699 A
120 N	5243 A	26,3 A	2489 A	19,1 A	1213 A	9,7 A	1806 A
Media de los tratamientos según historia de fertilización							
H*	4272 B	21,4 B	2510 A	19,1 A	1386 A	10,6 A	1482 B
H**	5915 A	29,8 A	2587 A	20,4 A	1139 B	9,1 B	2023 A

Anexo No. 12. Cuadro de análisis de varianza para las variables de producción primaria según período del experimento 2

Período	PMS	TC	MSD	AltD.	MSR	AltR.	MSdes.
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0078	0,0255	0,0002
DMS	629	9,3	415	3,9	295	1,8	655,7
Media de los períodos							
Inv.	796 C	12,9 C	2063 B	14,1 B	1130 B	8,8 B	1159 B
Inv.-prim.	1559 B	22,8 B	2107 B	16,4 B	1127 B	9,5 AB	1537 B
Prim.	2738 A	41,2 A	3476 A	28,7 A	1531 A	11,2 A	2561 A

Anexo No. 13. Cuadro de análisis de la varianza para contrastes ortogonales de variables de producción primaria en el período total del experimento 2

Variable	Tratamiento	Contraste	p-valor
PMS	60 vs. 120	-199	0,6837
	H* vs. H**	-1095	0,0299
TC	60 vs. 120	-2,52	0,7276
	H* vs. H**	-16,83	0,0245
MSD	60 vs. 120	238	0,4622
	H* vs. H**	-154,17	0,6331
AltD.	60 vs. 120	2,34	0,4413
	H* vs. H**	-2,61	0,3911
MSR	60 vs. 120	198,33	0,3886
	H* vs. H**	493,17	0,0367
AltR.	60 vs. 120	0,31	0,8264
	H* vs. H**	3,06	0,036
MSdes.	60 vs. 120	-215,17	0,6727
	H* vs. H**	-1081,67	0,0391

Anexo No. 14. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según tratamiento e historia de fertilización en el total del período del experimento 2

Tratamiento	GAI (TF)	GAI (OD)	GPI (TF)	GPI (OD)	GAE (TF)	GAE (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.	Cardos
p-valorN	0,9534	sd	0,5817	0,866	sd	sd	0,5927	0,5494	0,0512	0,4223	0,7102
p-valorH	0,7364	sd	0,7546	0,33	sd	sd	0,6855	0,8614	0,8739	0,3917	0,515
CV	29,9	sd	45,12	264,12	sd	sd	64,4	161,32	238	181,14	102,61
DMS en %	6,6	sd	4,7	0,7	sd	sd	2,6	1,9	1	0,9	3,8
DMS en kg	237	sd	92	15	sd	sd	65	44	25	30	3,8
Media de los tratamientos según dosis en %											
60N	45,3A	sd	20,6A	0,8A	sd	sd	8,7A	2,1A	0,3B	1,2A	7,9A
120N	45,5A	sd	22,1A	0,3A	sd	sd	7,9A	2,8A	1,5A	0,8A	7,1A
Media de los tratamientos según dosis en kgMS/ha											
60N	1218 A	sd	536A	19A	sd	sd	207A	46A	8B	38A	6,8A
120N	1203 A	sd	531A	5A	sd	sd	183A	67A	41A	21A	8,3A
Media de los tratamientos según historia de fertilización en %											
H*	46,1A	sd	21,8A	0,8A	sd	sd	8,6A	2,6A	0,8A	0,8A	-
H**	44,7A	sd	20,9A	0,3A	sd	sd	7,9A	2,4A	0,9A	1,2A	-
Media de los tratamientos según historia de fertilización en kgMS/ha											
H*	1213 A	sd	526A	17A	sd	sd	212A	57A	22A	21A	-
H**	1208 A	sd	542A	8A	sd	sd	177A	55A	27A	38A	-

Anexo No. 15. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según período del experimento 2

Período	GAI (TF)	GAI (OD)	GPI (TF)	GPI (OD)	GAE (TF)	GAE (OD)	GPE (TF)	GPE (OD)	GM	Leg.	Cardos
p-valor	0,0025	sd	0,1384	0,1854	sd	sd	0,0002	0,3244	0,1846	0,6233	0,0086
DMS en %	10,2	sd	7,2	1,1	sd	sd	4	2,9	1,6	1,3	5,8
DMS en kg	365	sd	142	24	sd	sd	101	68	38	46	-
Media de los períodos en %											
Inv.	35,1 B	sd	21,7 A	0,7 A	sd	sd	13,2 A	2,8 A	1,6 A	0,6 A	5,3 B
Inv.-prim.	52,0 A	sd	17,7 A	0,9 A	sd	sd	7,2 B	3,3 A	0,2 A	1,1 A	4,6 B
Prim.	49,1 A	sd	24,6 A	0,0 A	sd	sd	4,6 B	1,3 A	0,9 A	1,2 A	12,8 A
Media de los períodos en kgMS/ha											
Inv.	768 B	sd	420 B	20 A	sd	sd	265 A	58 A	38 A	15 A	-
Inv.-prim.	1132 B	sd	359 B	17 A	sd	sd	148 B	67 A	32 A	23 A	-
Prim.	1734 A	sd	823 A	0 A	sd	sd	172 AB	44 A	5 A	51 A	-

Anexo No. 16. Cuadro de análisis de la varianza para contrastes ortogonales de variables de composición botánica en el período total del experimento 2

Variable	Tratamiento	Contraste	p-valor
GAI (TF)	60 vs. 120	-0,46	0,9534
	H* vs. H**	2,66	0,7364
GPI (TF)	60 vs. 120	-3,09	0,5817
	H* vs. H**	1,75	0,7546
GPI (OD)	60 vs. 120	1,13	0,1866
	H* vs. H**	0,83	0,33
GPE (TF)	60 vs. 120	1,67	0,5927
	H* vs. H**	1,26	0,6855
GPE (OD)	60 vs. 120	-1,39	0,5494
	H* vs. H**	0,4	0,8614
GM	60 vs. 120	-2,47	0,0512
	H* vs. H**	-0,2	0,8739
Leg.	60 vs. 120	0,83	0,4223
	H* vs. H**	-0,89	0,3917
Cardos	60 vs. 120	1,67	0,7102
	H* vs. H**	-2,94	0,515

Anexo No. 17. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según tratamiento e historia de fertilización en disponible y remanente en el total del período del experimento 2

Tratamiento	Disponible				Remanente		
	RS	SD	HE	MCS	RS	SD	MCS
p-valor N	0,8146	0,4055	0,6279	0,3245	0,5136	0,1066	0,8671
p-valor H	0,4088	0,7466	0,0191	0,1809	0,8172	0,0395	0,3027
CV	95,5	103,97	82,93	99,02	32,01	83,43	141,45
DMS dosis	3,6	1,2	1,9	2,1	5,1	1,8	3,5
DMS historia	3,6	1,3	1,9	2,1	5,1	1,8	3,5
Media de los tratamientos según dosis							
60 N	8,1 A	2,1 A	4,9 A	3,7 A	31,5 A	3,3 A	5,0 A
120 N	7,6 A	2,8 A	4,4 A	4,9 A	33,5 A	5,1 A	4,7 A
Media de los tratamientos según historia de fertilización							
H*	8,7 A	2,3 A	3,3 B	3,5 A	31,2 A	3,1 B	5,9 A
H**	6,9 A	2,6 A	5,9 A	5,2 A	32,9 A	5,3 A	3,7 A

Anexo No. 18. Cuadro de análisis de la varianza para variables de composición botánica según período en disponible y remanente del experimento 2

Período	Disponible				Remanente		
	RS	SD	HE	MCS	RS	SD	MCS
p-valor	0,0058	0,1764	0,0118	0,0328	<0,0001	0,4117	0,1539
DMS	5,6	1,9	2,9	3,2	7,8	2,8	5,3
Media de los tratamientos							
Inv.	11,9 A	3,4 A	6,9 A	6,2 A	44,9 A	3,9 A	4,3 A
Inv.-prim.	8,8 A	1,9 A	4,2 AB	4,7 AB	22,2 C	5,2 A	7,6 A
Prim.	2,9 B	2,0 A	2,7 B	2,1 B	30,5 B	3,5 A	2,6 A

Anexo No. 19. Cuadro de análisis de la varianza para contrastes ortogonales de variables de composición botánica en el período total del experimento 2

Variable	Tratamiento	Disponible	
		Contraste	p-valor
RS	60 vs. 120	1,02	0,8146
	H* vs. H**	3,61	0,4088
SD	60 vs. 120	-1,24	0,4055
	H* vs. H**	-0,48	0,7466
HE	60 vs. 120	1,08	0,6279
	H* vs. H**	-5,44	0,0191
MCS	60 vs. 120	-2,48	0,3245
	H* vs. H**	-3,38	0,1809
Remanente			
RS	60 vs. 120	-3,97	0,5136
	H* vs. H**	-1,4	0,8172
SD	60 vs. 120	-3,52	0,1066
	H* vs. H**	-4,55	0,0395
MCS	60 vs. 120	0,7	0,8671
	H* vs. H**	4,33	0,3027