

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA A LA INTERVENCIÓN DE UN CAMPO NATURAL SOBRE LA
PRODUCCIÓN PRIMARIA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

por

Jonathan David LUBERRIAGA MÉROLA
Matías ROBUSCHI TRUCCO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. Nicolás Caram

Ing. Agr. Felipe Casalás

Fecha: 13 de septiembre de 2018

Autores: -----
Jonathan David Luberriaga

Matías Robuschi

AGRADECIMIENTOS

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

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

A los Ingenieros Agrónomos Nicolás Caram, Felipe Casalás, Pablo Boggiano y Ramiro Zanoniani por la orientación y apoyo durante la realización de nuestra tesis.

A nuestras familias por el apoyo constante 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. OBJETIVOS	2
1.1.1. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE	3
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL	4
2.3. EFECTO DEL PASTOREO	4
2.3.1. <u>Efecto del pastoreo sobre la producción y estacionalidad del forraje</u>	5
2.3.2. <u>Efecto del pastoreo sobre la composición botánica</u>	7
2.4. EFECTO DEL NITRÓGENO	8
2.4.1. <u>Ciclo del nitrógeno en pastoreo</u>	8
2.4.2. <u>Efecto del nitrógeno en la producción y estacionalidad forrajera</u>	9
2.4.3. <u>Efecto del nitrógeno en la composición botánica</u>	12
2.4.4. <u>Efecto del nitrógeno en la calidad de la pastura</u>	14
2.4.5. <u>Interacción entre nitrógeno y oferta de forraje</u>	14
2.5. EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSAS	16
2.5.1. <u>Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje</u>	16

2.5.2.	<u>Efecto del mejoramiento sobre la composición botánica</u>	17
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	19
3.1.	CONDICIONES EXPERIMENTALES	19
3.1.1.	<u>Localización y período de evaluación</u>	19
3.1.2.	<u>Información meteorológica</u>	19
3.1.3.	<u>Características del sitio experimental</u>	19
3.1.4.	<u>Descripción de los tratamientos</u>	20
3.1.5.	<u>Diseño experimental</u>	21
3.1.6.	<u>Manejo del pastoreo</u>	21
3.1.7.	<u>Determinación de la producción de forraje</u>	22
3.1.8.	<u>Determinación de la composición botánica</u>	23
3.2.	HIPÓTESIS BIOLÓGICA.....	18
3.3.	HIPÓTESIS Y MODELO ESTADÍSTICO.....	24
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1.	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	26
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA	28
4.3.	COMPOSICIÓN BOTÁNICA	31
4.3.1.	<u>Total del período</u>	31
4.3.2.	<u>Invierno</u>	34
4.3.3.	<u>Invierno-primavera</u>	36
4.3.4.	<u>Primavera</u>	38
4.3.5.	<u>Por grupo de especie</u>	40
4.4.	DISCUSIÓN	47

5. <u>CONCLUSIONES</u>	51
6. <u>RESUMEN</u>	52
7. <u>SUMMARY</u>	53
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	54

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Medias de FDi, FR, FD, MSP y PNMS en kg.ha^{-1} de MS, TC en $\text{kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de MS, y OF en kg de MS ofrecidos cada 100 kg de PV, para los distintos períodos: I, I-P y P; y p-valor de los efectos de tratamientos, períodos e interacción tratamiento con período.....	28
2. Medias de PNMS y FD, expresados en kg.ha^{-1} de MS, para cada tratamiento, en el total del experimento.	29
3. P-valor del efecto del tratamiento en los distintos períodos evaluados: I, I-P y P, sobre el FDi, FR, FD, MSP, TC, PNMS y OF.	29
4. FD en kg.ha^{-1} de MS para cada tratamiento en los períodos de I e I-P.....	29
5. Efecto de los tratamientos para la TC (en kg.ha^{-1} de MS) en los períodos I e I-P.	30
6. Efecto de los tratamientos para la PNMS (en kg.ha^{-1} de MS) en los períodos I e I-P.....	30
7. OF (en kg de MS cada 100 kg de PV) por período estudiado: I, I-P y P; y por tratamiento.	31
8. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en kg.ha^{-1} de MS.	33
9. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%).	33
10. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento del período I, en kg.ha^{-1} de MS.....	35
11. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento del período I, en porcentajes (%).	35
12. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período I-P, en kg.ha^{-1} de MS.	37
13. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período I-P, en porcentajes (%).	37

14. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período P, en kg.ha ⁻¹ de MS.	39
15. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período P, en porcentajes (%).	39
16. Contribución de las GAI T/F, según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	40
17. Contribución de las GAI T/F, según tratamiento y período, en porcentajes (%).	40
18. Contribución de las GPI T/F, según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	40
19. Contribución de las GPI T/F, según tratamiento y período, en porcentajes (%).	41
20. Contribución de las GPE T/F según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹	42
21. Contribución de las GPE T/F según tratamiento y período, en porcentajes (%).	42
22. Contribución de los RS según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	42
23. Contribución de los RS según tratamiento y período, en porcentajes (%).	43
24. Contribución de las GPE O/D según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	43
25. Contribución de las GPE O/D según tratamiento y período, en porcentajes (%).	43
26. Contribución de los cardos según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	44
27. Contribución de los cardos según tratamiento y período, en porcentajes (%).	44
28. Contribución de las LEG. según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	45
29. Contribución de las LEG. según tratamiento y período, en porcentajes (%).	45
30. Contribución de las GPI O/D según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	45
31. Contribución de las GPI O/D según tratamiento y período, en porcentajes (%).	45
32. Contribución de las HE/MM según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	46
33. Contribución de las HE/MM según tratamiento y período, en porcentajes (%).	46
34. Contribución de las graminoides según tratamiento y período, en kg.ha ⁻¹ de MS.	46
35. Contribución de las graminoides según tratamiento y período, en porcentajes (%). ..	47

Figura No.

1. Croquis del área experimental.....	21
2. Promedio mensual de temperaturas (°C) y precipitaciones (mm), para el año 2017 y para serie histórica.....	26
3. Evolución del ALM. y ETR con respecto al 40% del APDN, y períodos de déficit (DH) o excesos (EH) hídricos entre el 15 de abril y el 30 de noviembre.....	27

1. INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de la ganadería en el territorio nacional, hace alrededor de cuatro siglos, y hasta la actualidad, el recurso forrajero sobre el cual se sustenta la producción pecuaria, ha sido las pasturas naturales. Al año 2011, estas ocupaban 10,5 millones de hectáreas, un 64,3% de la superficie agropecuaria útil del Uruguay, mientras los mejoramientos en coberturas a través de la incorporación de especies y fertilizaciones, representaban un 4,2% de dicha superficie (MGAP. DIEA, 2011).

Las pasturas naturales del país están formadas por asociaciones vegetales, con un tapiz bajo donde predominan especies gramíneas de bajo y mediano porte, seguidas por especies de las familias compuestas, leguminosas, ciperáceas, juncáceas y otras que aparecen con menor frecuencia, que es acompañado en ocasiones por un tapiz más alto formado de plantas subarbustivas herbáceas y gramíneas pajizas. Esta cobertura vegetal se apoya ininterrumpidamente sobre distintos tipos de suelos y topografías, lo cual determina que las frecuencias de cada especie y sus hábitos fisiológicos varíen en forma significativa, constituyendo un complejo mosaico adaptado a dichas condiciones cambiantes, donde se incluye también el efecto del pastoreo y su manejo (Milot et al., 1987).

Sin embargo, hay algunas características de la composición botánica que son comunes a casi todas las praderas naturales del país: una baja proporción de leguminosas y una relación baja entre gramíneas invernales C3 y estivales C4, lo cual determina una baja producción invernal, limitante para la producción. Estas características son más notables en campos del centro, noreste y sureste, y menos acentuadas en campos del litoral y norte. Las causas de esto se pueden encontrar en la baja fertilidad en fósforo y nitrógeno que caracteriza a la mayor parte de los suelos uruguayos, y en el mal manejo del pastoreo, que por falta de ajuste de carga termina provocando situaciones de sobrepastoreo y subpastoreo que afectan negativamente a la pastura (Carámbula, 1997).

La primera alternativa tecnológica a aplicar para revertir la estacionalidad de una pastura natural es el correcto manejo del pastoreo por medio de ajustes de carga. En segundo lugar, se dispone de dos alternativas que se han utilizado a lo largo de los años, y son, los mejoramientos por introducción de especies de leguminosas en conjunto con fertilización fosfatada, o la fertilización nitrogenada, también acompañada por la fertilización fosfatada. Ambas intervenciones han sido estudiadas por separado pero nunca en conjunto, dentro de un mismo experimento y bajo iguales condiciones experimentales, lo cual se percibe necesario si se quiere comparar el efecto de cada una de ellas. La introducción de especies leguminosas de producción invernal y estival, no sólo busca aumentar la producción de forraje directamente por un aumento en la proporción de estas especies en el invierno, sino que también persigue un aumento en los niveles de nitrógeno en el suelo, para lograr promover el crecimiento de las especies más productivas ya presentes en el tapiz. Esto último es lo que también se busca con la

fertilización nitrogenada, que al ser realizada en momentos puntuales, intenta promover mayormente a las especies invernales más productivas y con ellas la producción invernada.

1.1. OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es evaluar la respuesta invierno-primavera de una pastura natural del litoral oeste a la fertilización nitrogenada y al mejoramiento con leguminosas, en términos de productividad primaria y composición botánica, y bajo pastoreo vacuno con ofertas de forrajes controladas.

1.1.1. Objetivos específicos

Evaluar y comparar la producción de forraje según distintas dosis de nitrógeno o inclusión de leguminosas.

Evaluar y comparar la evolución de la proporción de especies en la biomasa disponible según los tratamientos, mediante la variable composición botánica.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE

La importancia de caracterizar el ambiente, y dentro de este al clima, radica en que tanto la temperatura como el agua, son dos de los principales factores que determinan la producción de forraje en estado vegetativo. Éste influye en las tres variables morfogénicas más importantes, que son la tasa de aparición de hoja (TAH), tasa de expansión de hoja (TEH) y vida media foliar (VMF, Chapman y Lemaire, citados por Sevrini y Zanoniani, 2011).

Las temperaturas óptimas de crecimiento son de 20 a 25 °C y de 30 a 35°C para especies gramíneas C3 y C4 respectivamente, siendo la temperatura base para C3 de 5°C y de 10 a 15°C para C4 (Cooper y Tainton, 1968). De acuerdo con Koppen, Uruguay se puede clasificar como un clima templado y húmedo (Romero, s.f.). Las temperaturas promedio anuales son de 16°C en el sur y 19°C en el norte, variando mensualmente desde 7°C en julio hasta 31°C en enero (Romero, s.f.). Según esta información, el ambiente permitiría el crecimiento óptimo de especies estivales C4, en la época de mayores temperaturas (31°C), un crecimiento casi óptimo para las especies invernales C3, si se toman las temperaturas medias del año (16-19°C), y se cubriría por unos 6°C por encima la temperatura base para las especies C3 durante la época de menores temperaturas (11°C).

En relación a las precipitaciones el régimen se define como isohigro a lo largo del año, es decir su distribución mensual es pareja. Si bien esta afirmación parte de promediar 40 años, ocurre una importante variación entre años y entre meses dentro de cada año, con valores máximos anuales de 1400 mm en el noreste y un mínimo de aproximadamente de 900 mm en el sureste del país (Corsi, 1978). A su vez la capacidad de almacenaje de los suelos uruguayos es muy variable, pudiéndose dividir en cinco categorías de potencial de acumulación de agua en forma disponible: muy baja (menor a 40 mm); baja (entre 40 y 80 mm); media (entre 80 y 120 mm); alta (entre 120 y 160 mm) y muy alta (mayor a 160mm, Molfino y Califra, 2001). Esto determina que, para el territorio uruguayo, la capacidad de almacenaje de agua del suelo sea tan importante como el régimen de lluvias, siendo más frecuente la ocurrencia de déficits en suelos poco profundos como por ejemplo los encontrados en basalto superficial, a diferencia de los suelos profundos de areniscas de Tacuarembó, donde rara vez ocurren estos eventos (Castaño et al., 2006).

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL

Los campos naturales se caracterizan por ser un complejo compuesto por un gran número de especies que se adaptan a las condiciones cambiantes del material geológico, suelo, topografía y efecto del manejo del pastoreo, variando su frecuencia y sus hábitos ecológicos y fisiológicos. Estas comunidades vegetales están formadas predominantemente por especies gramíneas de bajo y mediano porte, seguido por dicotiledóneas donde se destacan las compuestas y leguminosas. Con menos frecuencia aparecen otras numerosas familias, especies graminoides como ciperáceas y juncáceas (Millot et al., 1987).

La producción de forraje anual varía de acuerdo al tipo de suelo, entre 800 y 4000 kg.ha⁻¹ de MS para suelos superficiales sobre basalto y suelos profundos sobre capas de Fray Bentos respectivamente (Carámbula, 2008). La producción anual se concentra en primavera-verano, siendo en promedio el 80-85 % en campos arenosos y 65% en suelos más pesados. La distribución invernal varía entre 6 a 15 % en campos arenosos y suelos de basaltos respectivamente (Bemhaja, citado por Berretta, 1995). Esto, acompañado de una carga animal y relación lanar vacuno, que por lo general permanecen constantes a lo largo del año, provocan situaciones de sobrepastoreo y subpastoreo en las épocas de baja y alta producción de forraje respectivamente, limitando la producción del sistema (Carámbula, 2008).

En los suelos del Uruguay, una de las limitantes que se encuentra es la carencia de nutrientes como nitrógeno (N) y fósforo (P), lo cual determina la abundancia de las gramíneas de tipo C4 (estivales), más eficientes en el uso del N y el agua que las especies de tipo C3 (invernales), y en consecuencia mejor adaptadas a suelos de baja fertilidad. Es en gran parte debido a esto que la mayor producción de forraje suele ocurrir en primavera y verano. Si bien en otoño e invierno aumenta la participación relativa de las especies invernales, éstas nunca llegan a superar a las estivales (Berretta, 1995). Por otra parte, los suelos más fértiles y profundos del país ofrecen una distribución estacional más equilibrada (Carámbula, 2008).

2.3. EFECTO DEL PASTOREO

La decisión de manejo del pastoreo más importante, por sobre el método de pastoreo, es determinar la dotación adecuada a cada tipo de campo para lograr los objetivos de producción sin alterar el ecosistema (Holechek et al., Heady y Child, citados por Berreta, 1996). Cuando la dotación está ajustada al potencial de las pasturas y el método de pastoreo incluye períodos de descanso, los campos se mantienen en buena condición, con variaciones debidas a los cambios estacionales, logrando un ecosistema de alta estabilidad y que puede recuperarse luego de impactos violentos como la sequía (Berretta, 1995).

Cada pastura tiene una producción potencial que va a determinar la capacidad de carga. Ésta se define como la máxima dotación para alcanzar un objetivo de desempeño animal, con un método de pastoreo específico, que puede ser aplicada en un período definido sin deteriorar el ecosistema (Mott, 1960). Sin embargo, el mayor problema en desarrollar un criterio de carga óptima para el manejo de las pasturas naturales es la necesidad de preservar forraje para utilizarlo en momentos en que el crecimiento del mismo esté limitado por factores ambientales (McNaughton, citado por Berretta, 1995). A su vez, el efecto del pastoreo puede favorecer o perjudicar la producción de forraje, siendo necesario realizar combinaciones en intensidad y frecuencia de defoliación para lograr una adecuada productividad sin deteriorar las pasturas (Nabinger et al., 2007).

Según Maraschin (1998), el campo natural y su potencialidad están determinados por la composición botánica y la producción de MS. Al ser la composición heterogénea, cada vez que la pastura es sometida al pastoreo, la selección de los animales en la cosecha de su alimento la lleva a una nueva condición, donde algunas especies serán promovidas y otras no.

El material muerto (MM), no seleccionado por los animales, es un componente importante para la sustentabilidad del ecosistema natural, ya que es fuente de reciclaje de nutrientes, promotor de retención de agua en el suelo y de la conservación del suelo. Es importante integrarlo en las mediciones, para entender cómo el animal trata el forraje en relación a la condición del perfil de la pastura. Por lo general, el aumento del MM se da con una mayor OF (Moojen, citado por Maraschin, 1998). A su vez, a mayor OF aumenta la cobertura del campo, por una mayor presencia de hojas, mayor crecimiento de las pasturas y mayor producción por animal. El momento más productivo de los grupos de especies de las pasturas naturales se explora mejor con una mayor OF (12 y 16 % de PV), permitiendo que las especies de interés logren producir semillas (Maraschin, 1998).

En cuanto al método de pastoreo, la alternativa al continuo es el rotativo, que se basa en la ocupación secuencial de los animales que rotan entre un número variable de potreros, implicando períodos de ocupación y de descansos (Milot et al., 1987). El mismo tiene como propósito poder utilizar las pasturas en el momento que alcanzan un equilibrio entre alto rendimiento de MS y valor nutritivo de la misma (Carámbula, 2008).

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

La variable que relaciona la materia seca (MS) disponible y los kg de peso vivo animal por unidad de área a ser pastoreada es la oferta de forraje (OF, Allen et al., 2011). Ésta se encuentra inversamente relacionada a la intensidad de pastoreo, donde a baja OF mayor será la intensidad de pastoreo y viceversa.

En campos naturales estivales se observa una respuesta cuadrática con la OF. A OF menores a 4%, se da la menor productividad, incrementándose con OF entre 8 y 12 %, y volviendo a disminuir cuando llega a 16%. Esto se relaciona directamente con la eficiencia de conversión de la energía para cada OF. Valores bajos de OF determinan una reducción en radiación interceptada por menor cobertura vegetal. Por otro lado, valores altos de OF prolongan el tiempo del sombreado (Maraschin et al., 1997a), donde los tejidos jóvenes formados en esas condiciones de baja luminosidad presentan baja eficiencia fotosintética aun recuperando óptimas condiciones de luz. Esto, sumado a una menor eficiencia fotosintética por acumulación de tejidos viejos provoca una reducción en la producción de forraje para OF altas (Nabinger, 1998). Chapman y Lemaire (1993) concuerdan en que la tasa de acumulación de forraje comienza a decaer a partir de que se llega al índice de área foliar (IAF) óptimo, ya que las hojas viejas senescen a una tasa aproximadamente igual a la TAH. Dicho de otra manera, al aumentar la OF la tasa de senescencia aumenta hasta un punto en el que puede igualarse a la tasa de crecimiento (TC), haciendo que la producción sea nula o disminuya.

Heitschmidt y Walker (1997), observaron que el problema con la carga fija, es que la presión del pastoreo cambia a lo largo del año y también entre años. Esto se debe a variaciones entre estaciones y entre años en la producción de forraje. Proponen solucionar este problema, realizando un ajuste estacional de la demanda de forraje, que puede ir desde carga cero o cierre de potrero, hasta niveles muy altos de pastoreo intermitente pasando por niveles moderados de pastoreo continuo.

Reffati et al. (2008), afirman que la manipulación de la OF a lo largo del año puede favorecer la producción de forraje del campo natural. Obtuvieron la mayor TC, 15 kg.ha⁻¹.día⁻¹ de MS, cuando la OF fue de 8% en primavera y del 12 % en el resto del año, logrando de esta manera la mayor producción anual de forraje (4402 kg/ha de MS). Por el contrario, el tratamiento con una OF de 4% fija durante todo el año fue el que presentó menor TC, 2 kg.ha⁻¹.día⁻¹ de MS. En esa línea, Soares et al. (2005) explican que manejando las mismas cargas variables a lo largo del año (8-12%) se producen cambios en la vegetación que tienen como consecuencia mayor desempeño animal comparado con el manejo a cargas fijas. Aguinaga et al. (2004), variando la carga también de 8% en primavera a 12% OF el resto del año, consiguieron una mayor producción anual, además de aumentar la producción de forraje en el período otoño-invierno y alcanzando ganancias de peso vivo en el período de mayor restricción de forraje. La mayor producción anual se basa en la alta intensidad de pastoreo de primavera, que desencadena una mejor estructura de las pasturas en verano, con aumento progresivo de MS y del IAF en el período, el cual se compone fundamentalmente por hojas nuevas con mayor eficiencia fotosintética.

Soares et al. (2005) estudiaron el efecto de cargas variables en primavera, obteniendo la menor tasa de acumulación de forraje con 16% OF, no encontrándose diferencias entre los tratamientos de 8 y 12% OF. Setelich, citado por Soares et al.

(2005), por su parte, encontró que la mayor tasa de crecimiento en verano se obtuvo a menores OF, mientras que en invierno se logra con OF mayores. La mayor producción en invierno con altas OF puede estar explicada por la mayor participación de las especies invernales junto a las matas, y la posible protección que el estrato superior podría estar causando sobre las gramíneas estoloníferas de verano. En otoño, la TC presentó un comportamiento intermedio, parece más sensible a las condiciones climáticas cuanto menores son las OF.

En pastoreo rotativo, a medida que es más intenso y menos frecuente, la producción invernal aumenta. En el caso de la primavera, la producción aumenta cuando se disminuye la frecuencia, hasta los 90 días, mientras que el grado de intensidad no tiene un resultado significativo sobre la producción (Bermúdez y Ayala, 2005).

2.3.2. Efecto del pastoreo sobre la composición botánica

Las pasturas naturales son heterogéneas, por lo que los animales en bajas cargas y libre pastoreo seleccionan las especies preferidas, lo cual contribuye a la reducción de las especies de mayor tipo productivo (Millot et al., citados por Boggiano et al., 2005). Para evitar las consecuencias mencionadas, se tendría que aplicar un correcto manejo del pastoreo en cuanto a la carga, intensidad y frecuencia del mismo.

El período de descanso es un factor fundamental para determinar la composición botánica de las pasturas, se puede lograr manejando correctamente la carga en pastoreo continuo o directamente con pastoreo rotativo. Un aumento de éste determinará un mayor número de leguminosas y de especies cespitosas como *Paspalum quadrifalium*, *Paspalum dilatatum*, mientras que las malezas tenderán a disminuir con dicho cambio en el manejo del pastoreo. Por otro lado, bajo pastoreos más frecuentes se promocionarán las especies postradas como *Paspalum notatum* y malezas enanas. En cuanto a la relación de gramíneas invernales/estivales, para aumentarla, los períodos de descanso deberían ser más largos en invierno y principios de primavera, y más cortos en verano. Esto se debe a las diversas respuestas de las especies al clima que se da a lo largo del año (Boggiano et al., 2005).

Según Berretta et al. (1990), los tipos productivos que tuvieron mayor predominancia bajo pastoreo rotativo respecto al continuo, fueron los pastos ordinarios, debido a un período de descanso que permitió que *Schyzachyrium spicatum* y *Paspalum plicatulum* acumularan hojas viejas disminuyendo así la apetecibilidad de la pastura. En cuanto a los finos-tiernos no se dieron diferencias entre pastoreo rotativo y continuo, presentando las mismas especies *Stipa setigera*, *Andropogon ternatus* y *Aristida uruguayensis*. En relación al suelo desnudo, éste representa una menor proporción en pastoreo rotativo respecto al continuo, lo cual puede estar dado por una mayor recuperación del tapiz vegetal por tener período de descanso. Los restos secos son mayores en pastoreos rotativos, lo cual también está relacionado al tiempo de descanso,

durante el cual especies con alta TAF y baja VMF, como *Paspalum plicatum*, acumulan restos secos (Berretta et al., 1990).

Nabinger et al. (2011) señalan que la diversidad florística varía según la carga, siendo baja con ofertas de 4 % y aumentando a medida que se aumenta la OF, hasta un máximo en el entorno del 12%, a partir de la cual un aumento provocaría disminuir la diversidad. Pinto, citado por Nabinger et al. (2011) obtuvo resultados similares, donde con menores OF, fueron más frecuentes especies de hábito postrado como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*. En tratamientos con una oferta intermedia, se observó mayor presencia de especies invernales como *Briza poaeomorpha*, *Brisa subaristata*, *Piptochaetium lasianthum*, *Piptochaetium montevidense* y de leguminosas, junto con las especies estivales cespitosas como *Andropogon lateralis*, *Aristida laevis* y *Schizachyrium microstachyum*.

Berretta (1995), encontró en comunidades de basalto que una dotación de 0,8 UG/ha, ocupación continua y relación 2:1 lanar/vacuno no provocan cambios importantes en la vegetación. Cuando la dotación continua se incrementa, comienzan a ocurrir algunos cambios, en particular en la frecuencia de hierbas enanas y pastos de porte bajo y estoloníferas. Si además del aumento de dotación, la relación lanar/vacuno pasa a 5:1, la sustitución de especies más productivas por otras menos productivas se hace más visible. En este último caso hay una disminución de especies cespitosas, de porte erecto como *Stipa setigera*, *Paspalum plicatum*, *Andropogon ternatus* y *Coelorhachis selloana*, mientras que cespitosas de menor porte como *Schizachyrium spicatum* mantiene su frecuencia y se incrementan plantas de bajo porte como *Chevreulia sarmentosa*, *Paspalum notatum* y *Trifolium polymorphum*. A la vez se observa una reducción en el número de especies inventariadas.

2.4. EFECTO DEL NITRÓGENO

2.4.1. Ciclo del nitrógeno en pastoreo

El nitrógeno utilizable por las plantas es el N inorgánico. Representa el 1-2% del N total del suelo y se produce a partir de la mineralización de la materia orgánica. Sobre un mismo tipo de suelo, un campo natural tendrá una mayor biomasa microbiana respecto a otros sistemas, lo cual se traduce en un potencial de mineralización más alto y, en consecuencia, una mayor cantidad de nitrógeno asimilable por la pastura. Además, este N inorgánico será mayor sobre un suelo pesado en verano, que sobre un suelo liviano en invierno, debido a la mayor cantidad de MO asociada a suelos pesados y a una mayor mineralización a altas temperaturas (Morón, 1996).

Las únicas especies de una pastura que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno del aire en el suelo son las leguminosas. Lo hacen en una relación de 1 kg de N por cada 25 kg de MS de parte aérea producida (Díaz Roselló, citado por Morón, 1996). Sin

embargo, cuando la disponibilidad de nitrógeno en el suelo es muy alta, la FBN puede verse inhibida. Ledgard, citado por Morón (1996), encontró que en pasturas mezcla de trébol blanco y raigrás, aplicaciones de hasta 50 kg N/ha, no provocaron bajas considerables en la FBN.

En condiciones de pastoreo, el nitrógeno vuelve al suelo a través de la orina y las heces, en forma de urea y N orgánico respectivamente. El área afectada por las deyecciones varía de acuerdo al sistema de pastoreo y la carga animal (Haynes y Williams, citados por Morón, 1996). Con una carga de 360 kg.ha⁻¹ de PV, a través de las heces se excretan entre 18 y 29 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de N, y a través de la orina entre 15 y 80 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de N, dependiendo del contenido de nitrógeno en la dieta. Por tanto las deyecciones totales se encontrarán entre 33 y 109 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de N (Henzell y Ross, citados por Morón, 1996). En situaciones en las cuales la temperatura es baja y la humedad alta, el 47% del N de la orina se pierde, mayormente por lavado y denitrificación, mientras el resto es asimilado por las plantas. En condiciones opuestas, se pierde el 90% del N de la orina, en su mayoría por volatilización. No sucede lo mismo con el N contenido en las heces, ya que es orgánico y de lenta mineralización (Ball y Keeney, citados por Morón, 1996). Actualmente, debido a la inquietud por las emisiones de N₂O, un gas de efecto invernadero, se está investigando el uso de inhibidores de la nitrificación como las dicianidiamidas, administradas con el agua o suplemento, y otras alternativas para reducir las pérdidas e ineficiencias en el ciclo del nitrógeno de los sistemas pastoriles (Chadwick et al., 2018).

2.4.2. Efecto del nitrógeno en la producción y estacionalidad forrajera

El nutriente más limitante de la productividad de forraje en los campos uruguayos es el nitrógeno. Esto es lo que nos indica una relación N:P, menor a 16 en la gran mayoría de los casos (Cardozo et al., 2017).

El efecto que genera el agregado de N, se justifica por la presencia de gramíneas en el tapiz, las cuales se destacan por su capacidad de competencia cuando el N no es limitante. El nitrógeno es el factor que genera mayor impacto en la tasa de crecimiento de una pastura. La aplicación de este nutriente tiene efecto favorable en la tasa de crecimiento y densidad de macollos, en condiciones no limitantes. Esto se traduce en un aumento en la producción de forraje de la pastura, como consecuencia del incremento en la tasa de crecimiento por macollo y en la densidad de los mismos, cuando la dosis de N aplicada es elevada (Mazzanti et al., citados por Azanza et al., 2004). Boggiano et al. (2000b), señalan que esta respuesta en la tasa de crecimiento genera un aumento significativo en la producción de MS disponible. A partir de aplicaciones de altas dosis de N, obtuvieron que la TC alcanzó valores de hasta 20 kg.ha⁻¹.día⁻¹ de MS combinado con bajas OF y 12 kg.ha⁻¹.día⁻¹ de MS con OF mayores, de 14%. Agnusdei et al., Brougham, Mazzanti et al., citados por Zanoniani (2009), explican que esto se debe a que el agregado de N acelera el ritmo de crecimiento, la reposición del

área foliar es más rápida y por lo tanto el inicio del sombreado se da más temprano, lo que determina la necesidad de disminuir la OF o de ingresar antes a pastorear para un mejor aprovechamiento de la pastura.

A su vez, Berretta (2005) afirma que el aumento en la TC diaria se mantiene durante todo el año, logrando duplicarse durante el invierno. A pesar de ello, la variabilidad de la misma se incrementa en todas las estaciones, salvo en primavera. Sobre campos de basalto, Berretta et al. (1998b), encontraron que la TC diaria primaveral con el agregado de N casi se duplicó, siendo la máxima registrada de 35 kg.ha⁻¹.día⁻¹ de MS. Esto, en consecuencia, afecta la producción de forraje de la estación, que en el caso del fertilizado con N aumentó un 60% respecto al testigo sin fertilizar. Rodríguez Palma et al. (2009), también sobre campos de basalto, observaron que los aumentos en la TC del forraje fertilizado con N fueron superiores en invierno y primavera respecto al verano, cuando la dosis fue fraccionada en otoño y fines de invierno, no encontrando diferencias en el otoño. Resultados similares obtuvieron Peirano y Rodríguez (2004) en el período otoño-invernal, en el que la tasa de crecimiento aumentó significativamente con el agregado de N.

Pirez (2012) encontró que la TC de forraje para principios de invierno no presentó diferencias significativas entre tratamientos con agregado de N y sin fertilizar, mientras que a fines de invierno sí hubo un aumento significativo a favor del fertilizado, el cual es consecuencia de aumentos en la TC por macollo y tasa de elongación foliar, evaluados en *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*. En primavera, Azanza et al. (2004) no obtuvieron efecto de N sobre la tasa de elongación en *Bromus auleticus*. En tanto Rodríguez, citado por Zanoniani (2009) encontró que la fertilización nitrogenada incrementa modestamente la tasa de elongación foliar en *Lolium multiflorum*, *Stipa setigera* y *Hordeum stenostachys*, tanto en invierno como en primavera.

En cuanto a la producción anual de forraje, Ayala y Carámbula (1994), encontraron aumentos significativos en respuesta a la fertilización estacional con N en campo natural de unidad Alférez, respecto al testigo sin aplicar. Estos campos son dominados por especies estivales, las cuales presentan mayor eficiencia fotosintética y en el uso de agua y N, por lo tanto la respuesta producción de forraje por kg de N agregado fue mucho mayor en verano que en invierno, lo cual magnifica la estacionalidad ya existente en esta pastura. Los autores concluyen que este déficit de forraje podría ser cubierto con fertilizaciones tempranas en el otoño, lo que permitiría diferir forraje en pie. Por otro lado, Zanoniani et al. (2011), en suelos de la unidad San Manuel, obtuvieron una eficiencia de la fertilización con N en el invierno mucho más alta que el obtenido por Ayala y Carámbula (1994) en la misma estación, lo cual es explicado principalmente por el gran porcentaje de gramíneas invernales que presentan alta respuesta al agregado de N, como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*. Álvarez et al. (2013), en los mismos suelos que Zanoniani et al. (2011), encontraron que la respuesta al agregado de N en producción de forraje anual fue de 46 kg.ha⁻¹ de MS por kg de N, aún

más alta que la recién mencionada. Rodríguez Palma et al. (2009), en campo natural sobre brunosoles éutricos, fertilizando con N fraccionado en otoño y fines de invierno, durante siete años, encontraron que en promedio, la producción anual de forraje fue 29% superior.

Correa et al. (2004), evaluaron la fertilización de campo natural en la zona oeste de Rio Grande do Sul, a diferentes dosis de N. Estos autores observaron una respuesta en la producción de forraje a partir de los 100 kg.ha⁻¹ de N, triplicando la producción con 200 kg.ha⁻¹ de N. Todos los tratamientos fueron corregidos con CaCO₃, P₂O₅ y K₂O, por lo cual no se pudo evaluar la interacción entre nutrientes. De todas maneras, existe una interacción entre N y P significativa que determina que el agregado de ambos nutrientes en conjunto sea más eficiente que la aplicación de éstos por separado (Stoddart et al., citados por Berretta et al., 1998b). En este sentido, Ayala y Carámbula (1994), obtuvieron una mayor respuesta añadiéndole P y K, en campo natural sobre suelos de Unidad Alférez, en dosis fraccionadas en otoño y primavera. Mientras el agregado de P y K individualmente no tuvo repuesta significativa en la producción de forraje anual, sí la tuvo cuando fueron agregadas al N. Debido a la interacción de los tres nutrientes, se obtuvieron rendimientos hasta 300% superiores.

Berretta (2005), en suelos del basalto, fertilizando con N y P, fraccionado a principios de otoño y fines del invierno, encontró que el aumento en producción de forraje puede ser de hasta un 60%. También en suelos del basalto, Brum y De Stefani (1998), encontraron un aumento del 43% en la producción de forraje del campo natural fertilizado con N y P en principios de otoño y fines de invierno, respecto al testigo, con igual carga, siendo significativo el aumento en todas las estaciones. Los resultados obtenidos por Bottaro y Zavala (1973) en pradera parda sobre formación Fray Bentos, muestran que combinando N con P, la producción aumentó tres veces respecto a la aplicación de P sólo. A su vez Burgos (1974) observó que la respuesta al agregado de N y P en la producción de forraje es más marcada en invierno que en primavera. Además, en esta última estación, encontró una alta respuesta al agregado de N en forma individual.

La fertilización nitrogenada tiene distinto efecto en la producción anual de forraje, según pasan los años. Berretta et al. (1998b), en suelos de basalto, encontraron que la eficiencia de utilización del nitrógeno en el primer año de aplicación es menor, y a partir del segundo año se triplica. Mason y Miltimore, citados por Duhalde y Silveira (2018) observaron la misma tendencia en pasturas dominadas por *Agropyron smithii* y *Poa pratensis* (especies invernales nativas de Norteamérica y Europa respectivamente), fertilizadas con N. En el primer año registraron incrementos modestos en la producción de MS, mientras que en el segundo la diferencia de kg de MS aumentó un 154% con respecto al testigo.

Mason y Miltimore, citados por Duhalde y Silveira (2018), en otro experimento en British Columbia, obtuvieron para el primer, segundo, tercer y cuarto año, con bajas dosis, incrementos descendientes respectivamente, mientras que con altas dosis, éstos fueron ascendentes a través de los años. Houston y Hyder, citados por Duhalde y Silveira (2018), aplicando altas dosis de N sin fraccionar, encontraron que el aumento en producción del primer año fue el menor, mientras que el mayor fue en el segundo año. Por otro lado, el aumento en producción de forraje en los 4 años fue de entre 53 y 87%.

2.4.3. Efecto del nitrógeno en la composición botánica

La aplicación de fertilizante sobre las pasturas altera la disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo cual modifica la distribución de las especies, ya que se favorece el desarrollo de las que se veían imposibilitadas de competir con aquellas más adaptadas a los bajos niveles de fertilidad del suelo, condición característica del campo natural (Bottaro y Zavala, 1973). Según Boggiano y Berretta (2006), con el aumento del nivel de nitrógeno del suelo, se incrementa la biodiversidad de especies. Berretta et al. (1998b) encontraron resultados similares al agregado de N, contabilizando un mayor número de especies, número de presencias por unidad de superficie y tamaño y vigor en plantas. En cambio, Thurston et al., citados por Ríos (1996) afirman que con el agregado de nutrientes disminuye la biodiversidad.

Bemhaja (1994), Berretta et al. (1998b) sobre suelos de basalto, fraccionando N y P en dos aplicaciones, una a comienzos de otoño y la otra a fines de invierno, encontraron que la primera mitad favorece el rebrote y crecimiento de especies invernales de buena calidad, así como el alargamiento del período de crecimiento de especies estivales durante el otoño, mientras la segunda mitad continúa favoreciendo el crecimiento de las invernales y las estivales que rebrotan antes. Ambas aplicaciones permiten reducir el período de bajo crecimiento invernal. Estos resultados se manifiestan cuando la presencia de especies invernales perennes de alta calidad se encuentra en una frecuencia relativa superior al 20%, la cual, a su vez, se ve incrementada por la fertilización fraccionada, ya que la fertilización es un estímulo para el desarrollo de especies C3. En el caso de la *Stipa setigera* (especie invernal tierna-fina), incrementa su presencia con el agregado de N y con el aumento de la carga, ya que tolera bien el pastoreo (Berretta et al. 1998b, Berretta 2005, Rodríguez Palma et al. 2009). La misma respuesta a la fertilización nitrogenada en gramíneas invernales fue encontrada por Boggiano et al. (2005).

Berretta et al. (1998b), Gomes et al. (2002), Berretta (2005), observaron el efecto sobre la composición botánica de las pasturas a distintas dosis de N y OF, obteniendo la misma respuesta tanto en altas dosis y bajas ofertas, como en bajas dosis y altas ofertas. En ambas situaciones, la contribución de gramíneas invernales superó en más de 3 veces el aporte de gramíneas estivales. Pastos estivales productivos de buena calidad como *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* también incrementaron su

frecuencia con fertilizaciones nitrogenadas. El primero, tuvo mayor participación con cargas más altas, mientras que el desarrollo del segundo se vio favorecido con cargas menores. Las especies de tipo productivo ordinario se vieron disminuidas, aunque en el caso de las ciperáceas aumentaron con la fertilización y el contenido de humedad del suelo. Las hierbas enanas aumentaron durante el invierno, y más aún, con altas cargas. Las leguminosas nativas aumentaron su frecuencia relativa a valores cercanos al 5%, destacándose el *Desmodium incanum*. Por otro lado, Jones et al., Rumburg y Cooper, citados por Bottaro y Zavala (1973), observaron una marcada disminución del porcentaje de leguminosas nativas durante el año de aplicación del N, no observándose dicha tendencia en los años posteriores. Según Berretta et al. (1998b), Berretta (2005), las malezas de campo sucio tienen una escasa participación y no aumentan con la fertilización, aunque Rodríguez Palma et al. (2009) observaron una reducción de las mismas. Por su parte, Ríos et al., citados por Ríos (1996) encontraron que el agregado de N y P altera el balance competitivo entre especies de malezas, lo que puede favorecer o disminuir su población, dependiendo de la maleza en cuestión. Drawe y Box, citados por Bottaro y Zavala (1973) con niveles muy elevados de N, obtuvieron que se reduce significativamente el porcentaje de malezas y aumenta el de gramíneas en el primer año de aplicación. A partir de este, la situación se revierte sustancialmente, generando un marcado aumento en el porcentaje de malezas y un descenso en la contribución de gramíneas. Esto pudo explicarse por el bajo número de especies de gramíneas presentes.

Según Liiv, citado por Bottaro y Zavala (1973), la fertilización nitrogenada continua durante 10 años genera un descenso en el número de especies que contribuyen al tapiz. La presencia de gramíneas invernales puede aumentar con el agregado de N hasta dosis de 180 kg.ha⁻¹, a partir de la cual su aporte disminuye (Zanoniani, 2009). En cuanto a la relación de especies invernales/estivales, tiende a ser más alta con dosis intermedias de fertilizante y altas intensidades de pastoreo. En cambio, bajo dosis muy elevadas de N y alta intensidad de pastoreo, las especies estivales se vuelven más competitivas limitando la capacidad de respuesta de las invernales. Especies como *Paspalum notatum* conforman una cobertura densa que dificulta la instalación de otras especies, como es el caso de *Stipa setigera*, ya que la misma presenta baja competencia inicial en ambientes intensamente pastoreados y aumenta su estrés por el agregado de N (Gonzales et al. 2004, Zanoniani et al. 2011). En respuesta a esto, Zanoniani (2009) sugiere que un buen manejo sería la combinación de cantidades bajas de N en otoño, con asignaciones de forraje intermedias, de forma de obtener una relación de especies invernales/estivales favorable, y mayores producciones de MS.

Rodríguez, citado por Zanoniani (2009), obtuvo, a partir de fertilizaciones invernales, un aumento en la participación de especies invernales y el doble de producción de *Bromus auleticus* en la biomasa aérea. Dicha especie presenta una respuesta cuadrática en producción al aumentar la dosis de N, con un máximo a 120 kg.ha⁻¹ de N (Oliveira y Moraes, 1998). Cardozo et al. (2008) demostraron que aumentos en la dosis de N y OF medias y bajas, incrementan la contribución de especies anuales

exóticas como *Lolium multiflorum*, *Cardus acanthoides* y *Cirsium vulgare*, debido a la pérdida de densidad y abertura de la trama de la vegetación. Todo lo cual, lleva a una paulatina degradación de la pastura, al sustituirse especies perennes por anuales y perderse la biodiversidad de especies del campo natural. También en este sentido, Ayala y Carámbula (1994) en suelos de la unidad Alférez, fertilizando con N, registraron un aumento significativo de especies anuales invernales en las pasturas como *Vulpia australis* y *Gaudinia fragilis*, que fue aún mayor combinando el N con P y K.

2.4.4. Efecto del nitrógeno en la calidad de la pastura

Según Ayala y Carámbula (1994), la digestibilidad del forraje y el contenido de fibra detergente ácida (FDA) no varían con la fertilización nitrogenada, lo que determina que la calidad de la pastura no se vea alterada en ese sentido. En cuanto al contenido de proteína crudo (PC), encontraron que se logra aumentar los valores hasta el 10,3 %, particularmente en otoño e invierno. Por su parte, Bemhaja (1994) obtuvo distintas respuestas al agregado de N según el tipo de suelo. En basalto, registró una disminución en el contenido de FDA y FDN, sumado a un aumento en la PC. Por otra parte, en suelos de areniscas de Tacuarembó la calidad de la pastura siguió siendo muy baja, a pesar de la fertilización con N. Esta diferencia se explica a partir de la composición botánica que presentan los campos naturales según el tipo de suelo. Mientras que en basalto el agregado de N promovió el crecimiento de las especies finas y tiernas presentes, particularmente invernales, en Areniscas aumentó el vigor de especies estivales que no contribuyeron a una mejora en la calidad de la pastura.

2.4.5. Interacción entre nitrógeno y oferta de forraje

Medidas de manejo conjuntas como la fertilización nitrogenada y ajustes en la OF pueden aumentar la tasa de crecimiento en invierno, ya que la producción es afectada tanto por las variables individualmente como por su interacción (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013). Boggiano et al. (2005) investigaron la respuesta a la fertilización nitrogenada con diferentes OF, de un campo natural sobre suelos de la unidad San Manuel, encontrando no solo que la respuesta en producción de forraje invernal tiene efecto cuadrático al agregado de N, sino que además presenta una interacción significativa entre el N y la OF. La máxima producción anual se obtuvo con dosis de 150 kg.ha⁻¹ de N y OF intermedia (10%). Dosis superiores de N no llevaron a aumentos en la misma. En invierno, la máxima respuesta en MS se obtuvo con 300 kg/ha de N y una OF de 4%. Por otro lado, fertilizaciones de otoño con 50 kg.ha⁻¹ de N, períodos de descanso de 45 días y OF de 8%, aumentaron la productividad otoño-invernal de forraje. Cuando ambos factores fueron bajos, se encontró una mayor respuesta al aumento de OF en comparación al incremento de la dosis de N. Esto se explica porque el aumento en la oferta genera remanentes mayores por menor remoción de área foliar y pseudotallos, lo cual incrementa indirectamente la disponibilidad de N en planta sin necesidad de fertilización, favoreciendo la formación de nuevos tejidos, principalmente en gramíneas

invernales (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013). En cambio, altas dosis de N combinadas con altas OF afectan negativamente la producción primaria. Esto se debe en primer lugar a que habrá una mayor proporción de tejido viejo en el remanente, con menor eficiencia fotosintética, por un aumento en la tasa de senescencia, que puede hasta igualar a la de crecimiento. Luego, las altas dosis de N aceleran tanto el ritmo de crecimiento como la reposición de área foliar, lo que lleva a que el sombreado en estratos inferiores ocurra antes. Esto se soluciona disminuyendo la OF, lo cual retrasa el inicio de sombreado y permite obtener una mayor acumulación de forraje (Lemaire, citado por Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013, Nabinger y Parsons, citados por Álvarez et al. 2013). La magnitud de la respuesta en producción de MS con la interacción de ambos factores se acentúa en primavera, debido al más rápido crecimiento característico de la estación (Boggiano et al., 2005).

Zanoniani (2009) concluyó que el agregado de N tiene un efecto positivo sobre la producción invernal a altas OF, siempre que la dosis aplicada sea baja. Cuando ésta es alta (mayor a 150 kg.ha^{-1} de N), dicha producción aumenta a menores OF. El mayor resultado de producción invernal se obtuvo con aplicaciones altas de N y con OF bajas (4%). Si bien bajas OF generan menores remanentes, determinando una limitante para el crecimiento de la pastura y una reducción en el forraje disponible para los pastoreos posteriores, este efecto se ve disminuido con el creciente agregado de N. Además, el forraje desaparecido aumenta con el agregado de N a bajas OF, lo cual es explicado por una mayor producción de la pastura, no por una mayor proporción de cosecha o porcentaje de utilización (Zanoniani, 2009). Boggiano et al. (2000b) obtuvieron que la tasa de acumulación de MS verde invernal se vio más afectada por la OF que por la dosis de N, aunque las máximas tasas se obtuvieron cuando ambos factores fueron altos. Además, en primavera aumentó la tasa de acumulación cuando ambas variables fueron altas. Esta respuesta se explicó por el alargamiento de los entrenudos de especies tanto invernales como estivales, que generaron una arquitectura más erecta de la pastura, permitiendo una mejor penetración de la radiación solar, que determinó una mayor área foliar sin que se produjera el sombreado de los estratos inferiores.

En cuanto a la composición botánica, existe respuesta a la interacción entre N y OF en la proporción de restos secos, leguminosas y gramíneas. Para los restos secos, el mayor porcentaje se obtiene con OF y dosis de N altas, ya que existe una mayor área foliar por el agregado de N y menor remoción de la misma por las mayores ofertas. En tanto, para las leguminosas, existe un efecto negativo al incrementar la dosis de N y positivo al aumentar la OF, ocurriendo lo contrario en las gramíneas, que se promueven al aumentar la dosis de N y disminuir la OF. Esta relación inversa entre dichas familias, se debe a las ventajas competitivas y a la alta respuesta al agregado de N que presentan las gramíneas, y no por el hecho de que el N influya en el aporte de las leguminosas sobre el tapiz. Por otro lado, cuando ambos factores son elevados, se reduce más la proporción de gramíneas ya que los espacios son ocupados por restos secos, impidiendo el crecimiento de las mismas (Boggiano et al. 1998, Boggiano 2000a). Zanoniani (2009)

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

2.5. EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSAS

Los bajos niveles de P en los suelos de las áreas ganaderas, son una de las razones por las cuales la presencia y performance de leguminosas nativas en campos naturales sean, en general, escasas (Ayala y Bendersky, 2017).

La introducción de leguminosas al tapiz natural mejora el rendimiento y calidad de la pastura en forma directa, por la contribución del forraje de la leguminosa y en forma indirecta, al aumentar en contenido de N del suelo para las gramíneas nativas provocando que las más productivas y exigentes se manifiesten (Millot et al., 1987). Según Carámbula (1992), la incorporación de leguminosas es la manera más económica de incorporar nitrógeno al ecosistema. Para lograr que éstas entreguen de manera continua N al tapiz del campo natural, es necesaria la fertilización fosfatada con el fin de mantener una población adecuada.

2.5.1. Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje

En mejoramientos con agregado de leguminosas se logran rendimientos entre dos a tres veces mayores que los de un campo natural. Cuando se incorporan al tapiz, se combinan de forma exitosa con las gramíneas nativas logrando pasturas productivas y estables, sin afectar el equilibrio de las especies y evitando el avance de las malezas presentes (Carámbula 1992, 2008).

Los mejoramientos son el resultado del agregado de P y semillas, especialmente leguminosas sobre el campo natural (Rovira, 2008). El mejoramiento solo mediante el agregado de P no es una solución a las carencias que caracterizan a los campos naturales del Uruguay. Si bien se logran, dependiendo del tipo del suelo, incrementos en la producción de entre el 10 y el 30%, en términos absolutos el aumento de la cantidad de forraje no es en ningún caso importante, manteniéndose el déficit invernal. Por eso, la introducción de leguminosas es complementaria a la fertilización, ya que estas especies responden mejor al agregado de P (Mas, 2012). El rendimiento de las pasturas mejoradas con P y leguminosas varía según el tipo de suelos. Berretta (1998a) registró sobre suelos de basalto incremento de la producción entre 50 y 100 %, llegando a triplicar las producciones invernales. Por otra parte Risso et al. (2002) en suelos de cristalinos con mejoramientos con *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Lotus subbiflorus* cv El rincón, reportaron aumentos en la producción de forrajes de más de 100% con respecto al campo natural sin mejorar. En suelos pesados del litoral, los bajos mejorados con

leguminosas, duplican la producción de los campos naturales de las laderas (Millot, Zanoniani, citados por Boggiano et al., 2004). Sin embargo, González y Rodríguez (2006) obtuvieron como resultado que la producción del campo natural y del mejoramiento con *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* no presentaron diferencia significativa en cuanto a su producción total.

Risso y Morón (1990), evaluaron distintas leguminosas y mezclas para mejoramiento, donde en el primer año se destacaron el *Lotus corniculatus* o su mezcla con *Trifolium pratense*. Éste último, sembrado sólo, tuvo una mayor producción aunque sin diferencia significativa sobre las restantes. Seguramente se expliquen estos resultados por un mayor vigor inicial que les permitió soportar de mejor forma condiciones adversas como excesos de lluvias, días nublados o intensos fríos desde mediados de otoño. En el segundo año, caracterizado por condiciones ambientales favorables, se registró que el promedio de los distintos mejoramientos, más que duplicó la producción en comparación al campo natural, que también se vio beneficiado por dichas condiciones, incrementando al doble su rendimiento. También se observa que las mezclas con lotus son las que presentan siempre los más altos rendimientos, los menores fueron con *Trifolium pratense* y *Medicago polymorpha*, que además presentaron menor persistencia.

Según Bemhaja (1998), mejoramientos con *Lotus tenuis* cv Waldst obtuvieron mayores producciones de forraje invernales respecto a otros cultivares de *Lotus corniculatus* en todos los años evaluados. La persistencia de los materiales en general, fue buena hasta el cuarto año, debido a la competencia de las especies nativas que es más fuerte a partir del quinto año, en cambio se encontró que cuando se afecta la resiembra la persistencia se ve reducida.

2.5.2. Efecto del mejoramiento sobre la composición botánica

El aumento de N del suelo producto de la transferencia de las leguminosas a la materia orgánica del suelo, como consecuencia de la muerte y descomposición de parte aérea, raíces y nódulos, provoca un incremento gradual de especies C3, en respuesta a este aumento en la fertilidad del suelo (Carámbula, 1992).

Luego de un período de consolidación del mejoramiento, así como la práctica de un manejo controlado del pastoreo, mediante los cuales se ha producido una mejora del suelo por incorporación de P y N, además de una mejora en las condiciones físicas del suelo, se establecen condiciones en las que se pueden manifestar gramíneas productivas, aumentando la presencia de especies invernales, de los pastos finos y tiernos nativos y naturalizados. Con estas condiciones en algunos campos las especies invernales como *Poa lanígera*, *Stipa setigera*, *Pitochaetium stipoides* y *Adesmia bicolor* incrementan su frecuencia, haciendo que la vegetación del mejoramiento sea más invernal que la del campo que le dio origen (Berretta et al. 1990, Bemhaja y Berretta,

citados por Risso 1998). Mediciones invernales realizadas por Risso et al. (2002) en campos naturales mejorados determinaron un aumento del 50% en la contribución específica para especies finas y tiernas finas, luego de 5 años de comenzado el mejoramiento.

En un mejoramiento en suelos de basalto con *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* con distintos manejos de pastoreo, se observó que *Trifolium pratense* presentó mayor contribución en la producción del primer año, aunque a partir del segundo disminuyó a la mitad y para el tercer año la misma fue prácticamente nula, debido a su comportamiento bianual. Lo opuesto sucedió con las otras dos leguminosas. A su vez, se registró que el aporte de gramíneas nativas durante el segundo año fue el mínimo valor promedio en el total de los años del mejoramiento y que a partir del tercer año se restablece su contribución. En el caso de las malezas enanas, su mayor frecuencia se registró durante el primer año, descendiendo en los años sucesivos. En la medida que las leguminosas tienden a desaparecer, a partir del tercer año, los restos secos aumentan explicado por un aumento en el aporte de las gramíneas nativas (Bemhaja, 1998).

2.6. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

Los niveles crecientes de intensificación del campo natural, ya sea por el agregado de nitrógeno o la incorporación de leguminosas, aumentará la producción de forraje invierno-primaveral.

La inclusión de leguminosas y/o la fertilización nitrogenada modificarían la composición botánica hacia un disponible con especies de mayores frecuencias de tipo productivo tiernas-finas invernales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1. Localización y período de evaluación

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Universidad de la República, que se encuentra ubicada sobre el km 363 de la ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9'' latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. n. m.) en el potrero 18.

El período de evaluación abarcó desde el 8 de julio hasta el 15 de diciembre del 2017, dividiéndose en 3 períodos de pastoreo:

- Invierno (I): el 1er. período, del 8 de julio al 2 de setiembre,
- invierno-primavera (I-P): el 2o. período, del 2 de setiembre al 23 de octubre, y
- primavera (P): el 3er. período, del 23 de octubre al 15 de diciembre.

3.1.2. Información meteorológica

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

3.1.3. Características del sitio experimental

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).

La vegetación presente en el sitio experimental se puede diferenciar en tres estratos: alto, medio y bajo. El primero está compuesto por especies arbustivas características de monte parque como *Acacia caven* en calidad de dominante y *Prosopis affinis* como asociada. En el estrato medio se destacan especies subarbustivas, clasificadas como malezas de campo sucio, como *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eupatorium buniifolium*, *Eryngium horridum*, entre otras.

Por último, en el estrato bajo se destaca una vegetación herbácea, dominada por diferentes especies de gramíneas estivales como *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Setaria geniculata* y *Paspalum plicatulum*, e invernales como *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa megapotamica* Spreng ex Trin y *Stipasetigera*. Como especies asociadas se encuentran varias especies leguminosas, entre las que se destacan *Desmodium incanum*, *Adesmia bicolor*, *Medicago lupulina* y *Trifolium polymorphum*.

Según Zanoniani (2009), el área del experimento cuenta, en su mayoría, con una historia de más de 20 años de cría de ganado vacuno, correspondiendo a un “campo virgen” según sugiere la presencia de especies que así lo caracterizan como *Bromus auleticus* Trinus, *Dorstenia brasiliensis* Lamarck (Rosengurt, 1979) y *Geranium albicans* St. Hil.

3.1.4. Descripción de los tratamientos

En el experimento se evaluaron distintos niveles de intervención en el campo natural: 1- Sin intervención (CN); 2- Introducción de 8 kg/ha de *Trifolium pratense* cv E116 y 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cv. El Matrero + 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (CNM); 3- Fertilización con 60 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de N + 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (N60); y 4- Fertilización con 120 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de N + 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (N120). Estos tratamientos se ubicaron en 4 bloques.

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

La fertilización nitrogenada se realizó con una fuente amoniacal bajo forma de urea granulada, en dos aplicaciones de media dosis, una en otoño y otra a fines de invierno. La primera aplicación en 2016 se llevó a cabo en el mes de mayo y la segunda en setiembre, cada una con 30 kg.ha⁻¹ de N y 60 kg.ha⁻¹ de N para los tratamientos fertilizados con 60 y 120 kg.ha⁻¹ de N respectivamente. Estos tratamientos también recibieron 100 kg.ha⁻¹ de 7-(40/40)-0 + 4% S.

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

3.1.5. Diseño experimental

El diseño es de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro repeticiones, por cada uno de los cuatro tratamientos. Es decir, se dividieron los bloques 1, 2, 3 y 4 en cuatro parcelas y cada tratamiento fue distribuido al azar en cada una de ellas. El área promedio de cada parcela es de 0,72, 0,71, 0,26 y 0,26 ha en CN, CNM, N60 y N120 respectivamente, abarcando un total de 7,86 ha (figura No. 1).

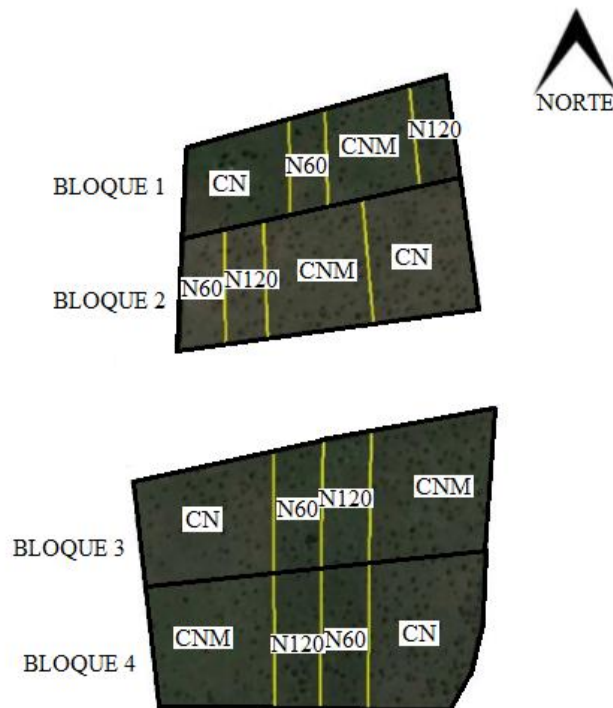


Figura No. 1. Croquis del área experimental.

3.1.6. Manejo del pastoreo

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

Los ciclos de pastoreo fueron de 56, 51 y 45 días para los períodos I, I-P y P, respectivamente, de los cuales 14, 13 y 11 días correspondieron a días de pastoreo y los restantes 42, 38 y 34 correspondieron a días de descanso.

3.1.7. Determinación de la producción de forraje

3.1.7.1. MS presente

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

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

Se definió una escala visual de disponibilidad de forraje de 5 puntos, correspondiendo el valor 1 con la menor disponibilidad y el 5 con la mayor disponibilidad representativa del bloque. Los puntos 2, 3 y 4 representan valores intermedios de masa de MSP. Para esto se tuvo en cuenta todas las especies presentes con excepción de malezas de campo sucio. Por cada valor de escala se realizaron 3 cortes al ras del suelo, obteniéndose un total de 15 muestras. Estas muestras de MS fueron pesadas en fresco y secadas en estufa de aire forzado a 60°C, por un período de 72 horas o hasta obtener un peso constante de las mismas.

Mediante el método botanal (Tothill et al., 1992) se estimó la contribución porcentual de diferentes especies y/o fracciones pre-establecidas al forraje presente. Para estimar la MSP y su composición se tomaron 30 muestras en las parcelas de N60 y N120 del experimento, y 60 en las parcelas restantes, con cuadrados de 0,25 m². Se realizó un muestreo sistemático recorriendo el área total de las parcelas, procurando que fuese homogéneo y representativo. Se tomaron tres registros de altura por cada muestra, teniendo en cuenta el valor de la hoja verde más alta que tomaba contacto con la regla, sin tener en cuenta la hoja bandera de macollas en floración, ni las cañas. A su vez, a cada muestra se le asignó un valor de escala, de acuerdo a lo determinado anteriormente. Teniendo el mismo criterio se realizaron otras 50 mediciones de alturas para los tratamientos con nitrógeno y 100 para los restantes tratamientos, las cuales junto a las anteriores totalizaron en 80 y 160 mediciones respectivamente.

Por último, se ajustaron ecuaciones de regresión para los valores de kg/ha de MS tanto por escala como por altura, y se seleccionó el de mayor coeficiente de

determinación de las funciones (R2). De acuerdo al valor seleccionado, se ingresaron los parámetros de regresión a y b en la planilla botanal y se obtuvieron los kg/ha de materia seca presente en cada parcela y por grupo de especie evaluada.

3.1.7.2. Producción Neta de MS (PNMS)

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

3.1.7.3. Tasa de crecimiento diaria (TC)

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

3.1.7.4. Forraje disponible (FDi)

El FDi fue estimado como la suma de la MS presente al inicio de cada pastoreo y la producción de forraje durante el período de pastoreo (TC*días de pastoreo).

3.1.7.5. Forraje remanente (FR)

El FR se obtuvo estimando la MS presente al final de cada pastoreo.

3.1.7.6. Altura de forraje disponible y remanente

Tanto la altura disponible como la remanente, fueron estimadas mediante el promedio de alturas registradas en cada cuadro. En las parcelas con mayor área se tomaron 160 valores de altura, mientras que en las parcelas menores se registraron 80.

3.1.7.7. Forraje desaparecido (FD)

Para calcular el FD se obtuvo la diferencia entre la MS disponible al inicio del pastoreo y el FR al final del pastoreo.

3.1.8. Determinación de la composición botánica

El método botanal (Tothill et al., 1992) permite la estimación de la contribución porcentual al forraje presente de especies y/o grupos de especies previamente establecidos, se propone la descripción a nivel de fracciones dominantes que se agrupan por características de ciclo de producción, tipo productivo, tipo vegetativo y hábito de vida. Para este trabajo se definieron trece grupos y fracciones: 1- Gramíneas anuales

invernales tiernos-finos (GAI T/F), 2- Gramíneas anuales invernales ordinarios-duros (GAI O/D), 3- Gramíneas perennes-invernales tiernos-finos (GPI T/F), 4- Gramíneas perennes-invernales ordinarias-duros (GPI O/D), 5- Gramíneas anuales estivales tiernas-finas (GAE T/F), 6- Gramíneas anuales estivales ordinarias-duros (GAE O/D), 7- Gramíneas estivales perennes tiernos-finos (GAE T/F), 8- Gramíneas estivales ordinarias-duros (GAE O/D), 9- Hierbas enanas/malezas menores (HE/MM), 10- Restos secos (RS), 11- Cardos, 12- Graminoides (GM.), 13- Leguminosas (LEG.). Para calcular la contribución de MS de cada grupo de especies se utilizó el ranking propuesto por Tothill (1978).

En las agrupaciones anteriormente mencionadas por ejemplo, en las gramíneas invernales perennes, se incluyeron los datos de *Stipa setigera* y *Bromus auleticus*. A su vez, dentro del grupo gramíneas estivales finas-tiernas, se sumaron las especies *Coelorhachis selloana*, *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*, mientras que *Paspalum plicatulum*, *Paspalum quadrifarium* pasa a ser parte de gramíneas perennes estivales ordinario-duros. Por otro lado, leguminosas sembradas y otras leguminosas se agruparon en único grupo denominado leguminosas, al igual que ciperáceas y juncáceas, que se evaluaron en conjunto como graminoides.

Además se evaluó el área de suelo desnudo (SD en %) y la cobertura de malezas de campo sucio (MCS en %).

3.2. HIPÓTESIS Y MODELO ESTADÍSTICO

Para el cálculo de FDi y FR, FD, materia seca promedio (MSP), TC, PNMS y OF se consideró un modelo mixto, bloque como efecto aleatorio, y tratamiento o período como efecto fijo. Se realizó el análisis de varianza (P valor < 0,05) de estas variables en el promedio de toda la evaluación y en cada período.

Para el estudio de la composición botánica en kg MS/ha se consideró un modelo lineal, mientras que para el estudio de la composición botánica en % como contribución relativa sobre el 100 % de la biomasa disponible se consideró un modelo lineal generalizado con una distribución Poisson. En ambos modelos se realizó un análisis de varianza (P valor < 0,05), considerando el efecto del tratamiento sobre el grupo botánico y el efecto de cada grupo dentro de cada tratamiento, en promedio a lo largo del período, y dentro de cada período.

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

Ha: al menos una de las medias de los tratamientos es diferente.

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

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

Siendo:

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

Se llevó a cabo el análisis de varianza entre tratamientos y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con una probabilidad de 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

La caracterización climática del ejercicio se realiza considerando el promedio mensual de temperaturas y precipitaciones (figura No. 2). En el primer período (I) las temperaturas se encontraron por encima del promedio histórico que se tomó como referencia (2002-2016). Se puede afirmar que fue un invierno más “caluroso” que lo normal, en promedio 1,75°C por encima de lo normal en los meses de julio, agosto y septiembre. A su vez, las precipitaciones fueron notoriamente superiores en los meses de agosto y septiembre en comparación al promedio histórico. Se registraron 529 mm acumulados en ambos meses, 337 mm más del promedio histórico para estos meses. En el caso de los siguientes períodos evaluados (I-P y P), las temperaturas fueron similares a las de la serie histórica, 0,01°C por encima de lo normal, mientras que las precipitaciones en los meses de noviembre y diciembre fueron inferiores a las de la serie histórica, 91 mm menos de lo esperado para estos meses juntos.

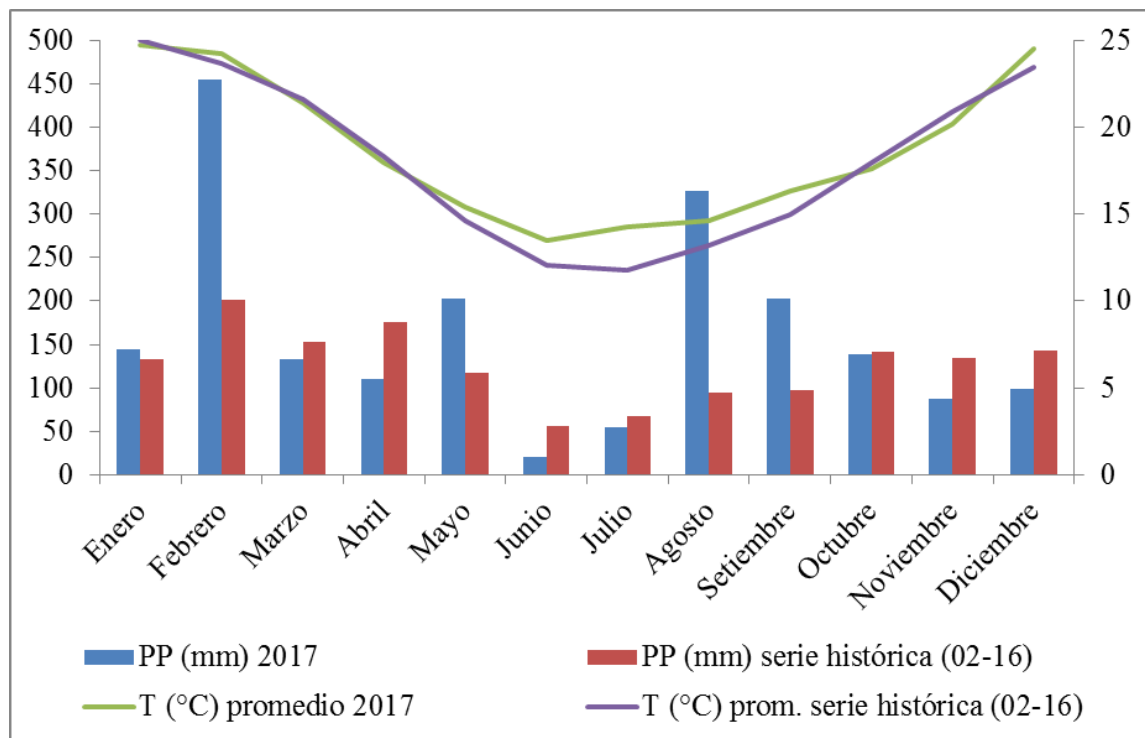


Figura No. 2. Promedio mensual de temperaturas (°C) y precipitaciones (mm), para el año 2017 y para serie histórica (2002-2016).

A partir de los registros de evapotranspiración potencial y precipitaciones se calculó el balance hídrico del período que va del 15 de mayo al 31 de diciembre del 2017. Con la información se calculó el agua almacenada (ALM.), teniendo en cuenta que en los suelos CONEAT 11.3 el agua potencialmente disponible neta es de 86 mm (Molfino, 2009) y la evapotranspiración real (ETR) donde se tomó en cuenta como referencia un kc de 0.9 (Jia et al., 2009), de esta forma se calcularon los períodos de déficit y exceso hídrico. Se tomó como punto de referencia el 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN), debido a que por debajo de este porcentaje se dificulta la absorción de agua por parte de las plantas (García Petillo, 2012).

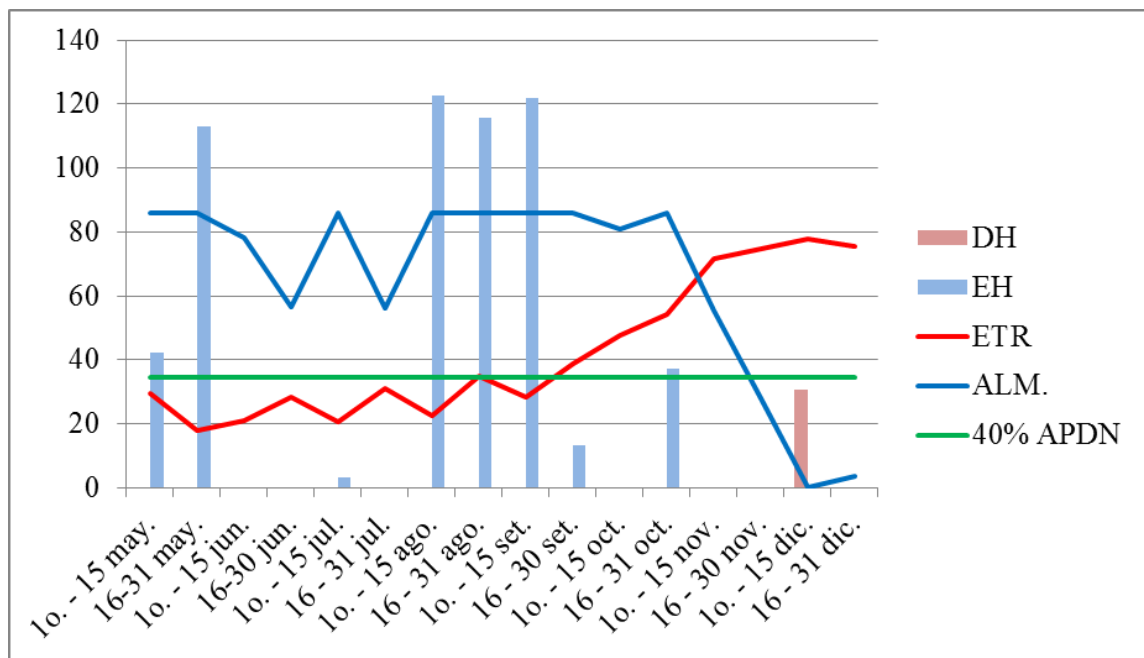


Figura No. 3. Evolución del ALM. y ETR con respecto al 40% del APDN, y períodos de déficit (DH) o excesos (EH) hídricos entre el 15 de abril y el 30 de noviembre.

Existió un exceso hídrico (EH) acumulado de 360 mm durante los meses de agosto y la primera quincena de septiembre, asociado a las elevadas precipitaciones y los bajos valores de ETR registrados en dichos meses (figura No. 3). A partir de la segunda quincena de octubre, debido al aumento de la ETR, sumado a una disminución de las lluvias en los dos meses siguientes, comienza a disminuir el agua almacenada en el suelo provocando que en la segunda quincena de noviembre el ALM. sea menor al 40% APDN, y que en la primera quincena de diciembre el déficit hídrico acumulado fuera de 30 mm.

Tanto las condiciones de temperatura como el balance hídrico fueron favorables al crecimiento vegetal durante gran parte del periodo del experimento. El exceso hídrico

registrado en agosto y setiembre, posiblemente no haya afectado el crecimiento o incluso puede haberlo promovido, aunque también puede haber causado cierta disminución del crecimiento para los meses posteriores debido al lavado del nitrógeno del suelo. Además, en diciembre, se registra un déficit hídrico, que sumado a lo anterior, podría haber afectado el crecimiento durante la etapa final del experimento.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

El FDi fue significativamente diferente entre períodos pero no así entre tratamientos (cuadro No. 1). Se observó un incremento en el FDi desde el I a la P. Lo mismo ocurrió con el FR, para el cual se encontraron diferencias entre períodos, siendo superior en P en relación a I e I-P. El FD no tuvo diferencias entre períodos, resultando en promedio unos 1075 kg.ha⁻¹ de MS. La MSP fue diferente entre períodos y, de la misma forma que el FDi y FR, fue superior en P en relación a I e I-P. La TC fue superior en P, intermedia en I y más baja en I-P. En cuanto a la PNMS, no fue significativamente distinta entre períodos.

Cuadro No. 1. Medias de FDi, FR, FD, MSP y PNMS en kg.ha⁻¹ de MS, TC en kg.ha⁻¹.día⁻¹ de MS, y OF en kg de MS ofrecidos cada 100 kg de PV, para los distintos períodos: I, I-P y P; y p-valor de los efectos de período.

	I	I-P	P	SE	Período
FDi	2437 b	2747 b	3507 a	150	<0,0001
FR	1734 b	2176 b	2701 a	139	<0,0001
FD	1144	867	1245	145	ns
MSP	2085 b	2462 b	3104 a	135	<0,0001
TC	31,7 ab	23,8 b	38,9 a	3,6	0,0196
PNMS	1802	1309	1771	186	ns
OF	12,1	12,9	10,6	1,3	ns

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes entre períodos (p<0,05). SE: error estándar

La PNMS fue diferente entre tratamientos (cuadro No. 2). Esta fue superior en un 49% en los tratamientos nitrogenados (N60 y N120) respecto al testigo, y en un 25% en CNM respecto al CN. En relación al FD, no tuvo diferencias entre tratamientos, y fue en promedio 3256 kg.ha⁻¹ de MS. La OF fue distinta entre tratamientos, resultando superior en CN y CNM (14,4 kg de MS cada 100 kg de PV) en relación a N60 y N120 (9,4 kg de MS cada 100 kg de PV).

Cuadro No. 2. Medias de PNMS y del FD, expresados en kg.ha^{-1} de MS, para cada tratamiento, en el total del periodo del experimento.

Tratamiento	CN	CNM	N60	N120	SE	p-Valor
PNMS Total	3753 b	4718 ab	5593 a	5464 a	456	0,0205
FD Total	2364	2892	4039	3731	436	0,0679
OF	14,0 b	14,7 b	9,2 a	9,6 a	1,3	<0,0001

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes entre tratamientos ($p < 0,05$). SE: error estándar

A nivel de tratamientos (cuadro No. 3), no se observaron diferencias significativas en las medias de FDi, FR y MSP en los distintos periodos. Se observaron diferencias significativas en forraje FD para I e I-P, en TC para I e I-P, en PNMS para I e I-P y en el caso de OF se encuentran diferencias en I, I-P, y P.

Cuadro No. 3. P-valor del efecto del tratamiento en los distintos periodos evaluados: I, I-P y P sobre el FDi, FR, FD, MSP, TC, PNMS y OF.

	I	I-P	P
FDi	ns	Ns	ns
FR	ns	Ns	ns
FD	0,0199	0,0033	ns
MSP	ns	Ns	ns
TC	0,0171	0,0215	ns
PNMS	0,0167	0,0203	ns
OF	0,0012	0,0181	0,0076

El FD fue significativamente diferente entre tratamientos en I e I-P (cuadro No. 4). En el I los valores fueron superiores en N60 en relación a CN y CNM, mientras que N120 presento valores intermedios. En cuanto al periodo I-P, se obtiene como resultado mayores valores en los dos tratamientos nitrogenados, respecto de CN y CNM. En P no se encontraron diferencias significativas y el valor promedio fue 720 kg.ha^{-1} de MS.

Cuadro No. 4. Efecto de los tratamientos en la FD en kg.ha^{-1} de MS para cada tratamiento en los periodos I e I-P.

	I		I-P	
FD	Media	SE	Media	SE
CN	861 b	304	546 b	177
CNM	839 b	304	450 b	177
N60	1519 a	304	1245 a	177
N120	1359 ab	304	1226 a	177

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes entre tratamientos ($p < 0,05$). SE: error estándar

La TC en I fue máxima en N60 y N120, intermedia en CNM mientras que la menor se observó en CN (cuadro No. 5). La diferencia entre los tratamientos nitrogenados respecto de CN fue del 60% mayor. En I-P, se observó una diferencia significativa en los tratamientos nitrogenados respecto de CN y CNM, logrando los primeros un incremento en la TC del 110% en relación al testigo. En P no se detectaron diferencias en la TC entre los tratamientos (p -valor=0,3657), con una media de 38,9 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ de MS.

Cuadro No. 5. Efecto de los tratamientos para la TC (en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de MS) en los períodos de I y de I-P.

	I		I-P	
	Media	SE	Media	SE
TC				
CN	23,7 b	7	14,8 b	4,9
CNM	27,3 ab	7	15,9 b	4,9
N60	37,4 a	7	31,5 a	4,9
N120	38,5 a	7	33,2 a	4,9

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes entre tratamientos ($p < 0,05$). SE: error estándar

Asociada a la TC, se encuentra la PNMS, la cual presentó idénticas tendencias en los resultados (cuadro No. 6). En I, los tratamientos intervenidos no registraron diferencias significativas entre ellos, encontrándose diferencia entre los tratamientos nitrogenados respecto al testigo, con una respuesta promedio del 60%, lo cual incrementa en promedio de 804 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, determinando una eficiencia de 13 y 7 $\text{kg MS} \cdot \text{kg}^{-1} \text{N}$ para N60 y N120 respectivamente en I-P se observó que los tratamientos nitrogenados presentaron diferencias con respecto a los tratamientos CNM y CN aumentando la producción en un promedio de 963 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, lo cual representa un aumento del 126% en la producción respecto al testigo, como resultado dio la eficiencia del N para el caso del tratamiento N60 de 16 kg de MS y de 8 kg de MS para el N120. En P no se encuentra diferencia significativas entre los distintos tratamientos (p -valor=0,3674), siendo la media en producción neta 1771 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de MS.

Cuadro No. 6. Efecto de los tratamientos sobre la PNMS ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de MS) en los períodos de I y de I-P.

	I		I-P	
	Media	SE	Media	SE
PNMS				
CN	1351 b	387	793 b	270
CNM	1547 ab	387	862 b	270
N60	2120 a	387	1747 a	270
N120	2191 a	387	1834 a	270

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes entre tratamientos ($p < 0,05$). SE: error estándar

En relación a la OF esta fue variable entre tratamientos en los tres períodos (cuadro No. 7). En I y P, la OF fue en promedio 72% superior en CN y CNM respecto de N60 y N120. A su vez, en el período I-P la OF fue mayor en CNM, intermedia en CN y N120, y menor en N60.

Cuadro No. 7. OF (en kg de MS cada 100 kg de PV) por tratamiento y período estudiado.

	I		I-P		P	
OF	Media	SE	Media	SE	Media	SE
CN	13,8 a	1,5	14,5 ab	1,7	13,8a	1,9
CNM	14,7 a	1,5	15,0 a	1,7	14,5a	1,9
N60	9,6 b	1,5	10,8 b	1,7	7,2b	1,9
N120	10,3 b	1,5	11,4 ab	1,7	6,9b	1,9

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$), entre tratamientos. SE: error estándar

4.3. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

4.3.1. Total del período

La contribución específica de cada grupo de especies expresada tanto en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de MS, como en porcentaje (%), fue significativa dentro de todos los tratamientos (cuadros No. 8 y No. 9).

Considerando las diferencias expresadas en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de MS, se observó que para CN las mayores contribuciones fueron, por una parte del grupo GPI T/F, el cual está compuesto por *Stipa setigera*, *Poa lanígera*, *Bromus auleticus*, *Piptochaetium bicolor*, *P. stipoides* y *P. montevidiensis* y, por otra parte del grupo GPE T/F (gramíneas perennes estivales, tierno finas), representado por *Paspalum notatum*, *P. dilatatum* y *Axonopus affinis*. Las GAI T/F, representadas principalmente por *Lolium multiflorum*, presentaron un aporte intermedio. En tanto el resto de los grupos, donde se incluyen las GAI O/D (gramíneas anuales invernales, ordinario duras), las GPI O/D, GPE O/D, HE/MM, RS, cardos, GM. y LEG., presentaron la menor contribución.

El CNM registró diferencias entre grupos, con un orden similar al del CN, registrando la mayor contribución de parte de los grupos GPI T/F y GPE T/F, seguidos por las GAI T/F, con un aporte intermedio. El resto de los grupos, incluidas las LEG. (*Lotus tenuis*, *Trifolium pratense*, *Medicago lupulina*, *Adesmia bicolor*) tuvieron una contribución baja. Por otro lado, en el tratamiento N60, la mayor contribución la registró el grupo GAI T/F, seguido por GPI T/F y GPE T/F. Para el tratamiento N120, las especies que más aportaron fueron las GAI T/F, seguidas en segundo lugar por todo el resto de los grupos.

Al comparar la contribución de cada grupo de especies entre tratamientos se observaron una mayor cantidad de diferencias utilizando porcentajes (%). El aporte relativo de las GAI T/F fue mayor en N120, seguido por N60, en tercer lugar CNM y finalmente el testigo. Las GPI T/F, fueron en el sentido casi opuesto al de las anteriores, siendo su mayor contribución relativa en el CN, al que le siguieron CNM, N120 y N60, en ese orden. Las GPE T/F tuvieron una mayor presencia relativa en CN, siguiendo luego su aporte en el orden de menor a mayor intervención: CNM, N60 y N120. El grupo GPE O/D siguió igual tendencia que las GPE T/F. Las HE/MM tuvieron una contribución relativa superior en CNM, intermedia en CN y menor en los tratamientos nitrogenados. Los RS fueron relativamente mayores en el testigo, su aporte fue intermedio en CNM y N120, y el más bajo en N60. Los cardos estuvieron más presentes en N60 y N120, respecto a CNM y CN. Los GM. tuvieron mayor presencia en el testigo, intermedia en CNM y N60, y la más baja en N120. Por último, las LEG. manifestaron una contribución superior en CNM en relación al resto de los tratamientos.

Cuadro No. 8. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en kg.ha⁻¹ de MS.

kg.ha ⁻¹ MS	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	405 ab B	0 b	828 a	12 b	0	0	822 a A	191 b A	98 b AB	209 b	11 b	47 b	5,2 b B	0,0018
CNM	681 ab B	0 c	931 a	17 c	0 c	2 c	771 a AB	159 bc AB	148 bc A	226 bc	23 c	16 c	109 c A	<0,0001
N60	1443 a A	18 b	596 b	21 b	8 b	0 b	561 b AB	118 b AB	55 b B	186 b	79 b	20 b	2 b B	<0,0001
N120	1559 a A	0 c	792 b	11 c	12 c	0 c	343 bc B	29 c B	62 c B	241 bc	65 c	13 c	2 c B	<0,0001
p-Valor	<0,0001	ns	ns	ns	Ns	ns	0,0207	0,0175	0,0007	ns	0,0463	ns	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 9. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento en el total del período, en porcentaje (%).

%	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	14 b D	0 d	33 a A	0 d	0 d	0 d	30 a A	8 c A	4 cd B	9 bc A	0,5 d B	2 d A	0,2d B	<0,0001
CNM	22 b C	0 e	30 a B	0 de	0 e	0 e	24 b B	5 cd AB	5 cd A	8 c AB	0,6 de B	0 de AB	4 cde A	<0,0001
60	46 a B	0 cd	20 b D	0 cd	0 cd	0 d	19 b C	4 cd B	2 cd C	5 c B	3 cd A	0 cd AB	0 d B	<0,0001
120	49 a A	0 e	26 b C	0 e	0 e	0 e	11 c D	1 e C	2 de C	7 cd AB	2 de A	0 e B	0 e B	<0,0001
p-Valor	<0,0001	0,0031	<0,0001	ns	0,022	nc	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,025	<0,0001	0,0083	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

4.3.2. Invierno

La contribución de cada grupo en I fue significativa dentro de los tratamientos CNM, N60 y N120 entre grupos de especies, cuando se las analizó en kg.ha^{-1} de MS, no encontrándose diferencias en CN, la cual podría estar explicada por la gran variabilidad la cual no detecta la diferencia entre grupos (cuadro No. 10). Sin embargo, con la composición expresada como porcentaje (%), se obtuvo significancia en todos los tratamientos (cuadro No. 11).

En el tratamiento testigo, predominaron las GPI T/F, seguidas por las GPE T/F y los RS, y en tercer lugar las GAI T/F, mientras que los restantes grupos presentaron un bajo aporte. En CNM, las que más contribuyeron al forraje fueron también las GPI T/F, seguidas en segundo lugar por las GAI T/F. Con un aporte intermedio se ubicaron los grupos GPE T/F y RS, seguidas por las GPE O/D y luego por LEG. y HE/MM, ubicándose en último lugar los restantes grupos. La contribución en el tratamiento N60 fue mayormente dado por las GAI T/F. En segundo lugar se ubicaron las GPI T/F, seguidas por las GPE T/F. El aporte intermedio a bajo, fue dado por los grupos GPE O/D, cardos, RS y HE/MM. En el tratamiento N120, el aporte superior fue de las GAI T/F. Con un aporte intermedio alto, se ubicaron las GPI T/F, y con uno intermedio bajo los cardos. Por último se encontraron los grupos GAE T/F, GPE T/F, GPE O/D, HE/MM, RS y GM.

A su vez, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos considerando la contribución de los grupos en kg.ha^{-1} para GAI T/F y LEG. El grupo GAI T/F aumentó su producción en kg de MS en un 312% en los tratamientos con agregado de nitrógeno respecto a los tratamientos CN y CNM. Para el grupo LEG, estadísticamente no hay diferencia entre el tratamiento de CNM respecto al CN, sin embargo hay un aumento no significativo de 150 kg.ha^{-1} de MS en el mejoramiento con leguminosas, como es de esperarse, sumado a que en el análisis por porcentaje la diferencia entre estos tratamientos sí es significativa.

En relación a la contribución relativa de cada grupo entre tratamientos (%) se observaron diferencias para GAI T/F, GPE T/F, RS, cardos y LEG, GPI T/F y GPE O/D. Las GPI T/F tuvieron mayor presencia significativa en el tratamiento CN, es decir que disminuyeron su presencia porcentual a mayor intervención. Algo similar ocurrió con las GPE T/F y con las GPE O/D. Con respecto a los RS, su presencia aumentó en los tratamientos CN y CNM. Los cardos totalizaron un 5% de la composición para los tratamientos nitrogenados, y un 1% o menos en los tratamientos CN y CNM. Las GPE T/F tuvieron un aporte superior a menor nivel de intervención: CN, CNM, N60 y finalmente N120. Las GPE O/D tuvieron el mismo aporte en los tratamientos CN, CNM y N60, siendo menor su contribución en N120.

Cuadro No. 10. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento del período de I, en kg.ha⁻¹ de MS.

kg.ha ⁻¹ MS	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	174 B	0	830	0	0	0	304	172	76	345	28	26	16 AB	ns
CNM	422 ab B	0 b	892 a	11 b	0 b	6 b	307 ab	179 ab	112 ab	310 ab	6 ab	26 ab	163 ab A	ns
N60	1224 a A	37 b	661 ab	35 b	28 b	0 b	264 b	181 b	50 b	75 b	126 b	0 b	1b B	0,0007
N120	1235 a A	1 b	925 ab	0 b	13 b	0 b	63 b	49 b	81 b	86 b	115 b	11 b	0b B	0,0006
p-Valor	0,003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0298	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 11. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento del período de I, en porcentajes (%).

%	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	8 bc C	0 c	43 a A	0 c	0 c	0 c	17 b A	8 bc A	4 c	17 b A	1 c AB	2 c	1 c B	<0,0001
CNM	18 b B	0 d	36 a B	0 d	0 d	0,23 d	12 bc AB	7 bcd A	5 cd	13 bc B	0 d B	1 d	7 cd A	<0,0001
N60	46 a A	1 cd	25 b C	1 cd	1 cd	0 d	10 c B	7 cd A	2 cd	3 cd C	5 cd AB	0 d	0 d B	<0,0001
N120	48 a A	0 c	36 b B	0 c	0 c	0 c	2 c C	2 c B	3 c	3 c C	5 cd A	0 c	0 c B	<0,0001
p-Valor	<0,0001	0,014	0,0014	ns	Ns	ns	<0,0001	0,0017	ns	<0,0001	<0,0001	ns	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

4.3.3. Invierno-primavera

La contribución de los grupos al total de FDi en I-P fue diferente dentro de cada tratamiento, tanto para kg.ha^{-1} de MS como para contribución relativa en porcentaje (cuadros No. 12 y No. 13).

En CN, predominaron las GPI T/F y las GPE T/F, encontrándose un aporte intermedio alto del grupo GAI T/F, e intermedio bajo de los grupos GPE O/D y RS. En CNM, la contribución superior fue por parte de las GPI T/F, seguido por las GAI T/F. El aporte intermedio bajo fue de las GPE T/F. Entre los grupos restantes, que menos aportaron, se encontraron las LEG. (2%) a pesar del objetivo de ese tratamiento que era el agregado de las mismas. El tratamiento N60 tuvo en su composición botánica, un aporte superior por parte de las GAI T/F, un aporte intermedio por parte de las GPE T/F y las GPI T/F, y el más bajo dado por los grupos restantes. En el N120, la contribución al forraje al igual que N60 la realizaron las GAI T/F, a éstas la siguieron con un aporte intermedio las GPI T/F y GPE T/F. La contribución más baja fue realizada por los restantes grupos.

A su vez, cuando se comparó la contribución de cada grupo entre tratamientos se observaron diferencias en kg.ha^{-1} de MS para los grupos GAI T/F y LEG. Nuevamente, una mayor cantidad de diferencias estadísticas se hallaron analizando a partir de porcentajes, encontrándose entre tratamientos para los grupos GAI T/F, GPI T/F y GPE O/D, GPE T/F, HE/MM, RS, cardos, GM. y LEG.

El aporte en kg.ha^{-1} de MS de las GAI T/F en los tratamientos nitrogenados es un 228% superior en relación a CN y CNM. La contribución relativa de GPI T/F es mayor en el testigo y CNM, en relación a los tratamientos con agregado de nitrógeno. Las GPE T/F y las GPE O/D tienen una tendencia similar pero más marcada que las anteriores, al ser mayor su contribución relativa en CN respecto del CNM, seguidos por el N60 y finalmente el N120. Las HE/MM y los RS también tienden a ser mayores en los tratamientos CN y CNM respecto de los tratamientos N60 y N120, comportamiento opuesto al de los cardos. Los GM. solo son mayores en el tratamiento testigo, aunque intermedios en el N60 y menor en los otros dos tratamientos, mientras que las LEG. tienen un aporte relativamente mayor en el CNM.

Cuadro No. 12. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período I-P, en kg.ha⁻¹ de MS.

kg.ha ⁻¹ MS	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	397 ab C	0,750 b	800 a	25 ab	0 b	0 b	721 ab	214 ab	112 ab	169 ab	8 ab	85 ab	1 b B	0,0574
CNM	671 ab BC	2 b	924 a	0 b	0 b	0 b	578 ab	117 b	165 ab	127 ab	22 b	20 b	50 b A	0,005
60	1624 a AB	0 b	533 b	32 b	0 b	0 b	487 b	79 b	55 b	67 b	94 b	47 b	3 b B	0,0009
120	1924 a A	0 b	656 b	1 b	19 b	0 b	415 b	15 b	48 b	127 b	71 b	14 b	0 b B	0,0002
p-Valor	0,0058	ns	ns	ns	ns	0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0006	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 13. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período I-P, en porcentajes (%).

%	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	15 b D	0 c	33 a A	1 c	0 c	0 c	28 a A	9 bc A	4 c AB	7 bc A	0 c B	3 c A	0 c B	<0,0001
CNM	26 ab C	0 c	33 a A	0 c	0 c	0 c	22 b B	5 c B	6 c A	5 c AB	1 c AB	1 c B	2 c A	<0,0001
60	52 a B	0 c	18 c B	0 c	0 c	0 c	18 b BC	3 c BC	2 c BC	2 c B	3 c A	2 c AB	0 c B	<0,0001
120	57 a A	0 c	20 b B	0 c	0 c	0 c	14 b C	0 c C	2 c C	3 c AB	2 c AB	0 c B	0 c B	<0,0001
p-Valor	<0,0001	0	<0,0001	0,028	0	0	0,0003	<0,0001	0,0028	0,0085	0,0088	0,0051	0,0004	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

4.3.4. Primavera

Dentro de los tratamientos se encontraron diferencias significativas entre la contribución de los distintos grupos de especies, tanto para las analizadas en kg.ha^{-1} de MS como para las analizadas por porcentaje (cuadros No. 14 y No. 15).

En el tratamiento testigo, el mayor aporte estuvo dado por las GPE T/F, el intermedio por los grupos GPI T/F y GAI T/F, y el menor por los grupos restantes. El CNM, tuvo su contribución superior dada por las GPE T/F, seguida por GPI T/F y GAI T/F. En tercer lugar de contribución se ubicaron los grupos restantes, incluidas de nuevo las LEG. El mayor aporte en el tratamiento N60 fue el de las GAI T/F. En segundo lugar se ubicaron las GPE T/F, las cuales fueron seguidas por las GPI T/F primero, y por los RS después. En penúltimo lugar se ubicaron las GPE O/D y los cardos. El aporte más bajo fue dado por los grupos restantes. En N120 hubo una contribución superior dada por las GAI T/F, y un aporte intermedio dado por las GPE T/F, GPI T/F y RS. El aporte inferior fue de los grupos restantes.

Considerando la contribución de cada grupo en kg.ha^{-1} de MS, se observaron diferencias significativas entre tratamientos para los grupos GPE T/F, HE/MM y LEG. Al realizar el análisis dentro de cada tratamiento, se encontró diferencia significativa en los tratamientos CN, CNM, N60 y N 120. Una mayor cantidad de diferencias estadísticas se hallaron analizando a partir de porcentajes, encontrándose entre tratamientos para los grupos GAI T/F, GPE T/F, RS y LEG., GPI T/F, GPI O/D y GPE O/D.

El grupo GAI T/F, no tuvo diferencias significativas entre los tratamientos nitrogenados, que fueron mayores a los tratamientos CN y CNM, sin diferencia entre sí. Las GPI T/F fueron menores significativamente en el caso del tratamiento N60 con respecto a los otros tres. Para las GPE T/F se observó una diferencia a favor de los tratamientos CN y CNM respecto a los nitrogenados. En RS se registraron diferencias significativas mayores en los tratamientos nitrogenados que en CN y CNM.

Cuadro No. 14. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período P, en kg.ha⁻¹ de MS.

kg.ha ⁻¹ MS	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	587 ab	0 b	856 ab	9 b	0 b	0 b	1311 a A	183 b	100 b B	149 b	2 b	24 b	1 b B	0,0496
CNM	887 ab	0 b	968 ab	37 b	0 b	0 b	1311 a A	185 ab	161 ab A	262 ab	38 b	6 b	128 ab A	0,0379
60	1427 a	21 b	610 ab	0 b	0 b	0 b	558 ab AB	111 ab	59 b B	389 ab	29 b	7 b	0b B	0,011
120	1438 a	0 b	829 ab	29 b	5 b	0 b	482 ab B	29 b	62 b B	471 ab	22 b	14 b	4b B	0,0035
p-Valor	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,013	Ns	0,0206	ns	ns	ns	0,0035	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 15. Contribución en el FDi de componentes botánicos, según tratamiento para el período P, en porcentajes (%).

%	GAI T/F	GAI O/D	GPI T/F	GPI O/D	GAE T/F	GAE O/D	GPE T/F	GPE O/D	HE/MM	RS	Cardos	GM.	LEG.	p-Valor
CN	18 b B	0 c	27 b A	0,3 c B	0 c	0 c	41 a A	6 c A	3 c	5 c C	0 c	0 c	0 c B	<0,0001
CNM	21 b B	0 c	23 b A	1 c A	0 c	0 c	35 a A	5 c AB	4 c	7 c C	0 c	0 c	3 c A	<0,0001
60	39 a A	0 e	18 bc B	0 e B	0 e	0 e	25 b B	3 de AB	2 de	11 cd B	0 de	0 e	0 e B	<0,0001
120	42 a A	0 c	24 b A	0,9 c A	0 c	0 c	15 b C	0,8 c B	2 c	14 b A	0 c	0 c	0 c B	<0,0001
p-Valor	<0,0001	ns	0,0513	0,058	Ns	ns	<0,0001	0,0005	ns	<0,0001	ns	ns	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

4.3.5. Por grupo de especie

El grupo GAI T/F siendo *Lolium multiflorum*, *Poa anua*, de las principales especies que componían este grupo (cuadros No. 16 y No. 17), que en kg.ha⁻¹ de MS no tuvo diferencias a lo largo del período, en términos relativos, sin embargo, se encontró que fue en aumento en el caso del CN, y tuvo un pico en I-P para los otros tres tratamientos. Además se registra una mayor cantidad tanto relativa como absoluta de GAI T/F en los tratamientos nitrogenados en comparación a los otros en el período I, y algo similar sucede en I-P pero en orden de mayor a menor intervención. El CNM se diferencia del testigo en términos relativos en ambos períodos mencionados, pero nunca en términos absolutos. En P no hubieron diferencias entre tratamientos para el aporte en kg.ha⁻¹ pero si en porcentaje, donde los tratamientos N60 y N120 tuvieron un mayor aporte de GAI T/F que los tratamientos CNM y CN.

Cuadro No. 16. Contribución de las GAI T/F, según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

GAI T/F kg.ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	174 B	397 C	587	ns
CNM	422 B ab	671 BC	887	ns
N60	1224 A a	1624 AB	1427	ns
N120	1235 A a	1924 A	1438	ns
p-Valor	0,003	0,0058	ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 17. Contribución de las GAI T/F, según tratamiento y período, en porcentajes (%).

GAI T/F %	I	I-P	P	p-Valor
CN	8 C b	15 D a	18 B a	0,0024
CNM	18 B b	26 C a	21 B b	0,0620
N60	46 A b	52 B a	39 A c	0,0360
N120	48 A b	57 A a	42 A b	0,0080
p-Valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

En el caso de las GPI T/F este grupo está representado principalmente por *Stipa setigera*, *Bromus auleticus*, *Piptochaetium bicolor*, *Pitochaetium stipoides*, *Poa lanigera* (cuadros No. 18 y No. 19), no se registraron diferencias de ningún tipo en kg.ha⁻¹ de MS, pero sí en términos relativos (%). Según esto, hubo una disminución relativa de las GPI T/F desde el I hacia la P, en todos los tratamientos, aunque más pronunciada en los tratamientos CN y N120. Entre tratamientos se registró una contribución mayor en CN para el período I, seguido por CNM y N120 con un aporte intermedio y N60 con la contribución más baja. En I-P los tratamientos CN y CNM tuvieron la mayor contribución de GPI T/F y los nitrogenados la menor. En P, el

tratamiento N60 registró la contribución más baja, mientras los otros tratamientos registraron la más alta, sin diferencias entre ellos.

Cuadro No. 18. Contribución de las GPI T/F, según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

GPI T/F kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	830	800	856	ns
CNM	892	924	968	ns
N60	661	533	610	ns
N120	925	656	829	ns
p-Valor	ns	ns	ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 19. Contribución de las GPI T/F, según tratamiento y período, en porcentajes (%).

GPI T/F %	I	I-P	P	p-Valor
CN	43A a	33A b	27 A c	0,0017
CNM	36 B a	33A a	23 A b	0,0024
N60	25 C a	18B b	18 B b	0,0837
N120	36 B a	20 B c	24 A b	0,0002
p-Valor	0,0014	<0,0001	0,0513	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Para GPE T/F donde las principales especies que lo compone a este grupo son *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*, *Coelorhachis sellona*, *Paspalum dilataum*, *Aristida uruguayensis* (cuadros No. 20 y No. 21) se observó un aumento hacia la P en ambas unidades de análisis y para todos los tratamientos, salvo para el N60 en kg.ha⁻¹ de MS, aunque la tendencia de ir en aumento fue clara siempre. Entre tratamientos, hubo diferencias significativas en todas las estaciones cuando se analizó en unidades relativas, y solo en P cuando se lo hizo en kg.ha⁻¹ de MS. En este sentido, el mayor aporte relativo de GPE T/F tanto en I como en P ocurrió en los tratamientos CN y CNM, seguido por el tratamiento N60, siendo el menor aporte el registrado en N120. En I-P, el mayor aporte en porcentaje fue encontrado en el tratamiento CN, seguido por CNM, luego N60 y finalmente N120.

Cuadro No. 20. Contribución de las GPE T/F según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹.

GPE T/F kg.ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	304 b	721 b	1311 A a	0,0019
CNM	307 b	578 b	1311 A a	0,0006
N60	264	487	558 AB	ns
N120	63 b	415 a	482 B a	0,025
p-Valor	ns	ns	0,013	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 21. Contribución de las GPE T/F según tratamiento y período, en porcentajes (%).

GPE T/F %	I	I-P	P	p-Valor
CN	17 A c	28 A b	41 A a	<0,0001
CNM	12 A bc	22 B b	35 A a	<0,0001
N60	10 B c	18 BC b	25 B a	<0,0001
N120	2 C b	14 C a	15 C a	<0,0001
p-Valor	<0,0001	0,0003	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Los RS (cuadros No. 22 y No. 23) fueron disminuyendo en términos relativos desde el primer período hacia el tercero en CN y CNM, mientras en los tratamientos con N sucedió lo contrario. En términos absolutos, solamente el tratamiento CN tuvo diferencias significativas, mostrando una disminución al igual que lo registrado en porcentaje. Entre tratamientos, solo se registraron diferencias significativas cuando se analizó a partir de porcentajes, encontrándose que en el período de I los RS fueron mayores en CN, seguidos por CNM y menor en N60 y N120. En la P el orden se invirtió, siendo mayor el aporte de RS en N120, intermedio en N60 y el menor en los tratamientos CN y CNM. En I-P, los RS fueron mayores en CN, intermedios en CNM y N120, y bajos en N60.

Cuadro No. 22. Contribución de los RS según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

RS kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	345 a	169 b	149 b	0,0230
CNM	310	127	262	ns
N60	75	67	389	ns
N120	86	127	471	ns
p-Valor	ns	Ns	Ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 23. Contribución de los RS según tratamiento y período, en porcentajes (%).

RS %	I	I-P	P	p-Valor
CN	17 A a	7 A b	5 C b	<0,0001
CNM	13 B a	5 AB b	7 C b	0,0013
N60	3 C a	2 B b	11 B b	<0,0001
N120	3 C b	3 AB b	14 A a	<0,0001
p-Valor	<0,0001	0,0085	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

En las GPE O/D (*Paspalum plicatulum*, *Paspalum quadrifarium*, *Schyzachyrium spicatum*, cuadros No. 24 y No. 25), solo el tratamiento N60 presentó diferencias significativas entre períodos y solamente en términos relativos, observándose una caída en I-P y luego un mantenimiento del aporte para la P. Entre tratamientos, se registró, también en porcentajes, una tendencia similar en todos los períodos. En I el mayor aporte ocurrió en los tratamientos CN, CNM y N60, y el menor en N120. En I-P, el mayor fue en CN, seguido por CNM y N60, siendo el más bajo en N120. En P, el CN volvió a ser el más alto en cuanto al aporte de GPE O/D, seguido por un aporte intermedio en CNM y N60, y el menor en N120.

Cuadro No. 24. Contribución de las GPE O/D según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

GPE O/D kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	172	214	183	ns
CNM	179	117	185	ns
N60	181	79	111	ns
N120	49	15	29	ns
p-Valor	ns	ns	ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 25. Contribución de las GPE O/D según tratamiento y período, en porcentajes (%).

GPE O/D %	I	I-P	P	p-Valor
CN	7 A	9 A	6 A	ns
CNM	7 A	5 B	5 AB	ns
N60	7 A a	3 B b	3 AB b	ns
N120	2 B	0 C	1 B	ns
p-Valor	0,0017	<0,0001	0,0005	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Los cardos (*Carduus nutans*, *Cirsium vulgare*, *Cardus acanthoides*, cuadros No. 26 y No. 27) no registraron diferencias significativas para los tratamientos CN y

CNM, mientras en los tratamientos nitrogenados se observaron diferencias, disminuyendo su presencia relativa hacia el último período, pero solo analizando en porcentaje. Entre tratamientos, se encontró que en I el aporte relativo de cardos fue mayor en el tratamiento N120, intermedio en CN y N60 y menor en CNM. En P, el mayor aporte estuvo en N60, seguido por CNM y N120, y finalmente CN.

Cuadro No. 26. Contribución de los cardos según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

Cardos kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	28	8	2	ns
CNM	6	22	38	ns
60	126	94	29	ns
120	115	71	22	ns
p-Valor	ns	ns	ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 27. Contribución de los cardos según tratamiento y período, en porcentajes (%).

Cardos %	I	I-P	P	p-Valor
CN	1 AB	0 B	0	ns
CNM	0 B	0 AB	0	0
60	5 AB a	3 A b	0 c	0,0043
120	5 a	2 AB b	0 b	0,0021
p-Valor	<0,0001	0,0088	0	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

En el caso de las LEG. (*Trifolium platense*, *Lotus tenuis*, *Medicago lupulia*, *Desmodium incanum*, *Trifolium polymorphum*, cuadro No. 28), solo se encontraron diferencias entre períodos para el tratamiento CNM, que registró una mayor presencia en el período I, disminuyendo hacia la P. Entre tratamientos, analizando tanto en kg.ha⁻¹ como en %, se registró el mayor aporte de LEG. en CNM para todos los períodos.

Cuadro No. 28. Contribución de las LEG. según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

LEG. kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	16 AB	1 B	1 B	ns
CNM	163 A	50 A	128 A	ns
60	1 B	3 B	0 B	ns
120	0 B	0 B	4 B	ns
p-Valor	0,0298	0,0006	0,0035	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 29. Contribución de las LEG. según tratamiento y período, en porcentajes (%).

LEG. %	I	I-P	P	p-Valor
CN	0 B	0 B	0 B	0
CNM	7 A a	2 A b	3 A b	0,0039
60	0 B	0 B	0 B	0
120	0 B	0 B	0 B	0
p-Valor	<0,0001	0,0004	<0,0001	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Los grupos de especies restantes: GAI O/D, GPI O/D, GAE T/F, GAE O/D, HE/MM y GM., registraron escasas tendencias significativas a lo largo de los períodos, o entre tratamientos. En el caso de las GAI O/D se registraron para el tratamiento de N60 una presencia de las mismas en el período de I y en P representando el 1 y 0.5 % respectivamente del total del forraje.

Para las GPI O/D (*Stipa charruana*, *Stipa paposa*, cuadros No. 30 y No. 31) se visualizó una mayor presencia en términos relativos para los tratamientos de CNM y N120 para el período de P, mientras que en los restantes períodos no se encontraron diferencias entre ningún tratamiento.

Cuadro No. 30. Contribución de las GPI O/D según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

GPI O/D kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	0	25	9	ns
CNM	11	0	37	ns
60	35	32	0	ns
120	0	1	29	ns
p-Valor	ns	ns	ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 31. Contribución de las GPI O/D según tratamiento y período, en porcentajes (%).

GPI O/D %	I	I-P	P	p-Valor
CN	0	1	0 B	ns
CNM	0 a	0 a	1 Aa	0,0460
60	1 a	1 a	0 Ba	0,0310
120	0 a	0 a	1 Aa	0,0430
p-Valor	ns	ns	0,058	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

En las GAE T/F la única diferencia que se registro fue en el tratamiento N60 donde se visualizó una disminución de su presencia en términos relativos desde el período de I hacia la P. Para las GAE O/D no se encontraron especies por lo que no se pueden evaluar este grupo. En cuanto las HE/MM (cuadros No. 32 y No. 33), se observó para el período de I-P en porcentaje una mayor presencia en los tratamientos CNM y CN donde este último no se diferenció significativamente con el de N60 y para el período de P se encontró diferencia absoluta presentando una mayor presencia en CNM.

Cuadro No. 32. Contribución de las HE/MM según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

HE/MM kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	76	112	100 B	ns
CNM	112	165	161 A	ns
60	50	55	59 B	ns
120	81	48	62 B	ns
p-Valor	ns	Ns	0,0206	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 33. Contribución de las HE/MM según tratamiento y período, en porcentajes (%).

HE/MM %	I	I-P	P	p-Valor
CN	4	4 AB	3	ns
CNM	5	6 a	4	ns
60	2	2 BC	2	ns
120	3	2 C	2	ns
p-Valor	ns	0,0028	Ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Por último se encuentran las gramíneas (cuadros No. 40 y No. 41) en términos relativos se observaron que entre tratamientos se encontraron un aumento en CN y N60 con un aumento en su presencia en el período I-P.

Cuadro No. 34. Contribución de las gramíneas según tratamiento y período, en kg.ha⁻¹ de MS.

GM. kg. ha ⁻¹ MS	I	I-P	P	p-Valor
CN	26	8	24	ns
CNM	26	22	6	ns
60	0	94	7	ns
120	11	71	14	ns
p-Valor	ns	ns	ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes (p<0,05). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

Cuadro No. 35. Contribución de las gramíneas según tratamiento y período, en porcentajes (%).

GM. %	I	I-P	P	p-Valor
CN	2 ab	3 A a	1 b	0,0160
CNM	1	1 B	0	ns
60	0 c	2 AB a	0 b	0,0022
120	0	0,4 B	0	ns
p-Valor	Ns	0,0051	ns	

*Medias con letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Minúsculas comparan entre grupos de especies en un mismo tratamiento y mayúscula entre tratamiento.

4.4. DISCUSIÓN

El incremento en la temperatura y la disponibilidad de agua (figura No. 2), que fue adecuada casi hasta el final del período (figura No. 3), provocaron el incremento en la TC y explican también que el FDi fuese superior en P respecto de los otros dos períodos (cuadro No. 1). Los resultados intermedios obtenidos en TC de I se deben a que las temperaturas de julio, agosto y septiembre fueron más benignas para el crecimiento en comparación a la media, sumado a que no se registrara ningún déficit hídrico en esos meses. Por otro lado, al mantenerse constante el FD, el FR fue superior en P en relación a I e I-P. Los FR y FDi obtenidos son cercanos a los que según Maraschin et al. (1997b), han visto que optimizarían el crecimiento de la pastura y el desempeño animal. Esto se debe a que con buenos FDi se mejora la accesibilidad de los animales a la pasturas lográndose un mejor desempeño animal. Por otro lado con FR adecuados se logra una mejora en el IAF la cual es clave para la recuperación de las pasturas. A su vez, esto repercute en una mayor cantidad de forraje que puede ser transformado en producto animal.

Los tratamientos nitrogenados tuvieron mejores resultados en PNMS (cuadro No. 2), lo cual coincide con lo afirmado por Mazzanti et al., citados por Azanza et al. (2004), sobre cómo los mayores niveles tróficos obtenidos a partir de la fertilización se traducen en mayores TC por macollo y mayor densidad de macollos, lo cual repercute en un incremento en la producción de forraje. En el caso de N60 y N120, ambos tratamientos contaron con una presencia importante de GAI T/F, que por ser especies muy productivas aprovecharon ese N eficientemente, traduciéndose en mayores PNMS.

Mientras que el CNM, al encontrarse en su tercer año y al no haberse implantado de manera óptima (Gallinal et al., 2016), con una contribución de un escaso 4% de las LEG. al total de forraje, no consiguió debido a esto, los niveles de fertilidad que sí se lograron por medio de la fertilización con N, aunque sí logrando una diferencia respecto al testigo, mediante el aporte de las LEG. tanto por medio de su aporte de N al sistema como por aporte en biomasa lo cual se refleja en un valor intermedio de producción. Esta mejora respecto al CN, coincide con lo afirmado por Millot et al. (1987), en cuanto a cómo la contribución en forraje de la LEG., y por

medio de la fijación de N, provoca aumentos en rendimiento de la pastura. Otra causa de esta mayor producción de forraje podría ser la fertilización con fósforo, que si bien es comparativamente más eficiente en LEG., puede haber favorecido a la pastura de todos modos.

El FD total no tuvo diferencias significativas entre tratamientos cuando el análisis se hizo al 5%. Si en cambio el análisis se hiciera al 7%, el desaparecido sería mayor en los tratamientos nitrogenados y se podría atribuir este resultado a la OF menor presentada en estos tratamientos, y a la mayor PNMS registrada, también para los tratamientos N60 y N120. Las OF manejadas se acercan a las recomendadas por Zanoniani et al. (2011) en pruebas realizadas en los mismos campos experimentales (EEMAC), siendo menores en los tratamientos nitrogenados, debido a la interacción que existe entre la OF y el nivel de agregado de N. A mayores niveles de N en el suelo, menor debe ser la OF para que la producción de forraje sea defoliada correctamente y no se pierde por senescencia lo cual repercute en una mayor eficiencia del N agregado. El manejo del pastoreo implementado, por medio de distintas OF y por tanto de distinto FD para cada tratamiento, condujo a que se obtuvieran FDi y FR estadísticamente iguales entre tratamientos, lo cual favoreció a la TC y por tanto a las PNMS, que logró expresar su potencial para cada tratamiento realizado.

El incremento promedio en la TC en I de los tratamientos nitrogenados respecto al testigo, que fue del 60%, se encuentra entre lo manifestado por Berreta (2005), Rodríguez Palma et al. (2009), que obtuvieron una respuesta de 40% y casi 100% respectivamente, en la misma medida y para la misma estación. La respuesta de 119%, registrada en I-P, fue superior a lo expresado por Berreta (2005), Rodríguez Palma et al. (2009), que obtuvieron respuestas de 46% y 60% respectivamente, para la TC primaveral. Estos resultados se deben a que *Lolium multiflorum*, la especie predominante en los tratamientos nitrogenados, tuvo su pico de producción en el período I-P, mientras que durante el período I la producción se mantuvo dentro del rango esperado debido a que la especie en cuestión es altamente productiva aunque no se encontraba dentro del período de máxima producción.

Los valores de las TC medidas en CNM, caen dentro del rango de los valores obtenidos por Risso et al. (2002), que en suelos del Cristalino registraron TC de 11,76 kg MS/ha/día en I y de 30 kg MS/ha/día en P. Los mismos resultados, pero vistos desde la respuesta en relación al CN, difieren de los publicados por Risso et al. (2002), que obtuvieron respuestas superiores al testigo en al menos un 100% en I y en 140% en P. La respuesta intermedia registrada en I, está relacionada a las LEG., cuyo aporte en la P del 2016, había sido del 7%, según Duhalde y Silveira (2018). El efecto residual del aporte de N por medio del reciclaje, favoreció a la TC del CNM en I. Por otro lado, la falta de respuesta obtenida para CNM en I-P se debe a que este efecto ya no fue suficiente para marcar una diferencia respecto al testigo, ya que el aporte de LEG. fue disminuyendo durante todo el periodo del experimento. De todas maneras, esto coincide con lo obtenido por González y Rodríguez (2006), que no reportaron diferencias entre CNM y CN en PNMS. La baja cantidad de LEG.

encontrada en este tratamiento, explica los resultados obtenidos en relación al testigo, frente al cual no se lograron diferencias significativas en producción de forraje.

Por otro lado, la diferencia en valores absolutos de TC entre I e I-P, coincide con las diferencias registradas en PNMS para esos mismos períodos, lo cual es de esperarse, debido a que la producción es consecuencia directa del crecimiento de la pastura. En ambas medidas, los valores obtenidos son mayores en I, para cada uno de los tratamientos, como resultado de temperaturas mayores a la media, y una adecuada disponibilidad hídrica, durante el período I, que al finalizar con un exceso hídrico, pudo haber afectado la disponibilidad de N por medio de lavado del nutriente y, en consecuencia, afectado el crecimiento y la producción de todos los tratamientos en el período I-P.

El posible lavado del N ocurrido en todos los tratamientos debido al exceso hídrico de los meses de agosto y setiembre, podría explicar parcialmente la falta de diferencias significativas entre tratamientos en el último período evaluado para TC y PNMS. Los tratamientos nitrogenados pueden haber sufrido el borrado de los efectos de la fertilización, que los mantenía en ventaja en los períodos anteriores. Sin embargo, la causa más sólida para justificar que la producción y el crecimiento de los nitrogenados no fuera mayor a los otros en P, tiene que ver con la composición botánica de los tratamientos N60 y N120, donde primaron especies de gramíneas anuales invernales, que llegado el momento de fin de ciclo, por el efecto de la competencia no dejaron rebrotar a las gramíneas estivales, lo cual sí tuvo lugar en los tratamientos CN y CNM. Sumado a esto, el pasaje a estados reproductivos en todos los tratamientos también pudo haber colaborado con la paridad registrada en los valores de producción en P. Todas estas fueron las razones que se cree equipararon el crecimiento y la producción de los distintos tratamientos en el período P, que se esperaba fueran mayores en los tratamientos con agregado de N, tal como venía ocurriendo.

La respuesta obtenida en los tratamientos N60 y N120 respecto a las GAI T/F coinciden con los obtenidos por Ayala y Carámbula (1994), Cardozo et al. (2008), que encontraron un aumento de estas especies con la fertilización nitrogenada, tales como *Lolium multiflorum*, *Cardus acanthoides* y *Cirsium vulgare*, en el primer caso o de *Vulpia australis* y *Gaudinia fragilis* en el segundo. Mientras los grupos de especies GAI T/F y los cardos, mostraron una respuesta al agregado de N, con las GPI T/F, GPE T/F y GPE O/D ocurrió lo opuesto, advirtiendo sobre una relación de competencia entre estos grupos, donde el punto de partida (julio) ya favorecía a las especies anuales ante las perennes en los tratamientos nitrogenados. Esta situación de “invasión” de las especies anuales, representadas en su mayoría por *Lolium multiflorum*, había sido registrada en el año 2016 (Duhalde y Silveira, 2018), y el establecimiento de esta especie por medio de la resiembra natural es la causa por la cual no se logró el efecto de promover especies perennes invernales en los tratamientos nitrogenados, como sí ocurrió en trabajos de Bemhaja (1994), Berretta et al. (1998b), Boggiano et al. (2005). Estas especies anuales productivas, logran invadir rápidamente los ambientes a partir de una mayor eficiencia en el uso del N en relación a las especies perennes, y también a una resiembra natural muy eficiente.

Indicios encontrados de una menor presencia de HE/MM y GM. en relación a una mayor intervención con N, probablemente se deban también a la competencia con las GAI T/F, específicamente la especie de hábito cespitoso *Lolium multiflorum*. Las GAI T/F fueron en aumento desde I hacia la P en el caso de CN y para el caso de N60, N120 y CNM se encontró un pico en el período de I-P, lo cual podría estar explicado por una respuesta más precoz al N de esta especie, en los tratamientos que tuvieron agregado de nitrógeno en forma biológica o química.

El grupo GPI T/F fue disminuyendo su presencia desde el I hacia la P, lo cual es de esperarse debido al final de su ciclo de crecimiento para dar lugar a la P, durante la cual ocurre el rebrote de especies estivales. Es la misma razón que justifica que los grupos de GPE T/F y O/D registraran un aumento en su presencia hacia la P. La transición entre perennes invernales y estivales ocurrió en todos los tratamientos, pero con mayor peso relativo en cuanto a aportes al total en los tratamientos CN y CNM.

Para el grupo de los RS se registró una disminución desde el I hacia la P en los tratamientos de CN y CNM, donde el motivo es la predominancia de las GPE T/F y O/D, especies estivales que senescen o suspenden su crecimiento en I y rebrotan en P. Por otro lado, en los tratamientos con agregado de N sucedió lo contrario, debido a que predominaron las GAI T/F las cuales en el último período ya terminaban su ciclo, promoviendo el aumento de RS hacia la P. Las contribuciones relativas máximas de RS obtenidas, de 17% en CN en I y de 14% en N120 en P, son menores a las obtenidas por Maraschin et al. (1997b) para los valores de OF utilizados, posiblemente debido a los ciclos de descanso del pastoreo, que como máximo fueron de 45 días, siendo la VMF del *Lolium multiflorum* de 30 días.

En el grupo de los cardos no se encontró diferencia significativa para CN y CNM, sin embargo para N60 y N120, fueron disminuyendo su presencia hacia la P lo cual está explicado por tratarse de una especie invernal anual. En cuanto entre tratamiento se encontró un aumento en su presencia al aumentar la interacción con N.

Como era de esperarse, se encontró una mayor presencia de LEG. en el tratamiento de CNM con respecto a los demás. Además, se encontró en el mismo tratamiento, una mayor participación de las LEG. en I y una disminución hacia la P, lo cual estaría justificado por la presencia de especies nativas como *Adesmia bicolor* y *Medicago lupulina*, que a pesar de no haber sido sembradas, se vieron favorecidas por la fertilización fosfatada. Este aporte de LEG. se considera bajo para este tratamiento, ya que si bien se diferencia del resto de los tratamientos, dentro del mismo, su aporte en relación a los demás grupos de especies siempre fue ubicado dentro de los más bajos. Esto se relaciona a los defectos en la implantación registrados por Gallinal et al. (2016), y a que los valores registrados responden al tercer año desde siembra.

5. CONCLUSIONES

Tanto la fertilización nitrogenada como la introducción de leguminosas, permitieron generar diferencias en producción de forraje en el promedio de los periodos con respecto al CN. Se encuentran diferencias para la producción de forraje con el agregado de N en los periodos I e I-P sin diferencia en la dosis por lo que en el caso de recomendar, la misma sería de 60 kg de N. Con esta dosis se obtendría una eficiencia de alrededor de 31 kg de MS por kg de N agregado para el total del periodo.

El efecto de la fertilización sobre la composición botánica, fue un aumento en la proporción de especies anuales, principalmente gramíneas y cardos, que desplazaron especies perennes productivas. Esta “anualización” de la pastura no era el resultado deseado, sin embargo la especie predominante es una de las más productivas y más utilizadas como verdeo de I, y eso se vio reflejado en la producción obtenida, la cual con un pastoreo aún más intenso en los meses setiembre para mantenerlo en estados más vegetativo y no dejando encañar lograría una mejora en el robrote de las especies estivales, que sí se registraron en el tratamiento testigo.

Las leguminosas sembradas en el tratamiento CNM se observaron con escasa frecuencia debido al tiempo que hacía de su implantación, y aunque se encontró una diferencia significativa debido a la presencia de leguminosas nativas como *Adesmia bicolor* y *Medicago lupulina*, favorecidas por la fertilización fosfatada, este no fue el resultado esperado, ya que la baja cantidad de leguminosas no lograron suplir la incorporación de nitrógeno, y quedaría saber cómo hubiera sido el comportamiento productivo con una correcta implantación de las leguminosas sembradas.

6. RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Universidad de la República, que se encuentra ubicada sobre el km 363 de la ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9'' latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. n. m.) en el potrero 18. El período de evaluación fue desde el I (7 de junio) hasta la primavera (15 de diciembre) del 2017, dividiéndose en 3 períodos de pastoreos: el 1er. período (invierno) fue desde el 7 de junio hasta el 16 de setiembre, el 2o. (invierno-primavera) del 4 de agosto al 4 de noviembre y el 3o. (primavera) fue del 2 de octubre al 15 de diciembre. El objetivo general del presente trabajo es evaluar la respuesta invierno-primaveral de una pastura natural del litoral oeste en términos de productividad y composición botánica a la fertilización nitrogenada y al mejoramiento con LEG., bajo pastoreo vacuno con OF controladas. El diseño experimentos fue en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones en las cuales se evaluaron un testigo sin intervención (CN), dos niveles de N, 60 (N60) y 120 kg/ha de N (N120), y un mejoramiento con LEG. de *Lotus tenuis* cv Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela (CNM), siendo los tres tratamiento fertilizados con 40 kg/ha de P205 anualmente. Las variables analizadas fueron forraje disponible (FDi), forraje remanente (FR), forraje desaparecido (FD), materia seca promedio (MSP), tasa de crecimiento (TC), producción de materia seca neta (PNMS) y de oferta de forraje (OF). Como resultado se obtuvo que la producción de forraje, como PNMS, no fue diferente entre tratamientos para promedios de períodos, pero sí entre tratamientos para el total de los períodos, siendo superior en un 195% en los tratamientos nitrogenados respecto al testigo, y en un 25% en el CNM respecto al testigo, aunque éste último no fue significativo. Específicamente, las diferencias se dieron en invierno e invierno-primavera, debido a que las temperaturas estuvieron por encima del promedio permitiendo que se expresara el efecto del aporte de N, tanto biológico como químico. En primavera no hubo respuesta debido a la composición botánica de los tratamientos nitrogenados, con predominancia de especies anuales invernales que culminaban su ciclo, a diferencia de los tratamientos CN y CNM, compuestos en su mayoría por especies perennes tanto invernales como estivales. En cuanto a la composición botánica, el agregado de nitrógeno resultó en un aumento de las especies gramíneas anuales invernales tierno-finas (GAI T/F) y cardos. En el CNM, el efecto de la fertilización fosfatada favoreció la aparición de leguminosas nativas.

Palabras clave: Campo natural; Mejoramientos; Leguminosas; Fertilización; Nitrógeno; Composición botánica; Gramíneas; Invernales; Estivales; Producción neta de materia seca.

7. SUMMARY

The experiment was carried out at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (EEMAC), Faculty of Agronomy, University of the Republic, which is located on km 363 of the General Artigas route, Paysandú department, Uruguay (32° 20' 9" South latitude and 58° West longitude, 61 ms nm) in paddock 18. The evaluation period was from Winter (June 7th.) to Spring (December 15th.) 2017, divided into 3 grazing periods: the 1st. period (Winter) was from June 7th. to September 16th., the 2nd. (Winter-Spring) from August 4th. to November 4th. and the 3rd. (Spring) was from October 2nd. to December 15th. The general objective of this work is to evaluate the Winter-Spring response of a natural pasture of the west coast in terms of productivity and botanical composition to nitrogen fertilization and improvement with legumes, under cattle grazing with controlled forage offers. The experimental design was in randomized complete blocks, with four repetitions one of which was a control without intervention (CN), two levels of N, 60 (N60) and 120 kg / ha of N (N120) were evaluated, and an improvement with legumes of *Lotus tenuis* cv Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela (CNM), being the three treatments fertilized with 40 kg / ha of P205 annually. The variables analyzed were availability of forage (FDi), remnant (FR), disappeared (FD), average dry matter (MSP), growth rate (TC), production of net dry matter (PNMS) and supply of forage (OF). As a result, it was obtained that the forage production, as PNMS, was not different between treatments for averages of periods, but between treatments for the total of the periods, being 195% higher in the nitrogenous treatments with respect to the control, and in 25% in the CNM with respect to the witness, although the latter was not significant. Specifically, the differences occurred in winter and winter-spring, because the temperatures were above the average allowing the effect of the contribution of nitrogen, both biological and chemical, to be expressed. In the spring there was no response due to the botanical composition of the nitrogen treatments, with predominance of annual winter species that culminated their cycle, unlike the CN and CNM treatments, composed mostly of winter and summer perennial species. As for the botanical composition, the addition of nitrogen resulted in an increase of the annual tender winter grasses (GAI T/F) and thistles. In the CNM, the effect of phosphate fertilization favoured the appearance of native legumes.

Keywords: Natural pasture; Improvement; Legumes; Fertilization; Nitrogen; Botanical composition; Grasses; Winter; Summer; Production of net dry matter.

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 (41ª., 2004, Campo Grande, MS). Anais. Mato Grosso do Sul, s.e. s.p.
2. Allen, V.; Batello, C.; Berretta, E.; Hodgson, J.; Kothman, M.; Li, X.; McIvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*. 66: 2-28.
3. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
4. Álvarez, M.; Álzaga, G.; Nopitch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje del campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
5. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
6. _____.; Bendersky, D. 2017. Modificaciones de la productividad del campo natural vía incorporación de especies y nutrientes: oportunidades y consecuencias. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (24ª., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 17-26.
7. 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.
8. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).

9. _____. 1998. 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).
10. 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).
11. Berretta, E.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S.; Bemhaja, M.; Pittaluga, O.; Silva, J. A.; Guerra, J. C. 1990. Efecto del sistema de pastoreo. Relación lanar/vacuno y carga animal sobre la producción y utilización de pasturas naturales. Evolución de la vegetación en pastoreo continuo y rotativo a igual dotación y relación lanar/vacuno 2/1. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 291-298.
12. _____.; Do Nascimento, D. 1991. Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal español-portugués. Montevideo, Uruguay, IICA. 126 p. (Diálogo no. 32).
13. _____. 1995. Campo natural: valor nutritivo y manejo. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-127 (Serie Técnica no. 80).
14. _____. 1998a. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 91-96 (Serie Técnica no. 102).
15. _____.; Levratto, J.; Risso, D.; Zamit, W. 1998b. Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63-72 (Serie Técnica no. 102).
16. _____. 2005. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de Basalto. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 61-73 (Serie Técnica no. 151).

17. Boggiano, P. 2000a. Dinâmica da produção primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sobre feito da adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis Ing. Agr. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. 190 p.
18. _____.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000b. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem sobre a carga animal, produção e utilização da matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. In: Reunión Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia (37^a., 2000, Viçosa). Trabalhos apresentados. Viçosa, s.e. s.p.
19. _____.; Berretta, E.; Cadenazzi, M.; Nöell, S. 2004. Respuesta poblacional de *Poa lanígera* Nees a la fertilización del campo natural de basalto. Grupo campo. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 264-265
20. _____.; 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. 105-140 (Serie Técnica no. 151).
21. _____.; Berretta, E. 2006. Factores que afectan la biodiversidad vegetal del campo natural. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul: Grupo Campos (21^a., 2006, Pelotas, RS, Brasil). Desafios e oportunidades do bioma campos frente á expansão e intensificação agrícola. Pelotas, EMBRAPA. pp. 93-104.
22. Bottaro, C.; Zavala, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NPK en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 171 p.
23. Brum, S. E.; De Stefani, A. J. 1998. Efecto de la fertilización N-P sobre campo natural de la región Basáltica. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
24. Burgos, A. 1974. Efecto de la fertilización mineral NP en la producción de forraje de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p.

25. Carámbula, M. 1992. Mejoramientos extensivos: fundamentos. *In:* Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región Este: resultados experimentales 1991-1992. Montevideo, INIA. pp. 12-16 (Actividades de Difusión no. 75).
26. _____. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 5-45.
27. _____. 2008. Pasturas naturales mejoradas. 2a. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
28. Cardozo, G.; Reyno, R.; Ayala, W.; Cuadro, R.; Fernandez, P.; Beretta, A.; Jaurena, M.; Lattanzi, F. 2017. Is Phosphorus a limiting factor for the productivity of natural Campos grassland? *In:* Symposium of the European Grassland Federation Grasslands Resources for Extensive Farming Systems in Marginal Lands: major Drivers and Future Scenarios (19th, 2017, Alghero, Italy). Proceedings. Sassari, CNR- ISPAAM. pp. 302-304 (Grassland Science in Europe no. 22).
29. Cardozo, R.; Kunrath, T.; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural. *In:* Reunión de Grupo Técnico en Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (22^a, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 155-156.
30. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Olivera, L.; Furest, J.; Picos, C. 2006. Caracterización agro climática y monitoreo del cambio de uso del suelo en la región de Areniscas de Tacuarembó. *In:* Bemhaja, M.; Pittaluga, O. eds. 30 años de investigación en suelos de areniscas de Tacuarembó. Montevideo, INIA. pp. 9-14 (Serie Técnica no. 159).
31. Chadwick, D. R.; Cardenas, L. M.; Dhanoa, M. S.; Donovan, N.; Misselbrook, N.; Williams, J. R.; Thorman, R. E.; McGeough, K. L.; Watson, C. J.; Bell, M.; Anthony, S. G.; Rees, R. M. 2018. The contribution of cattle urine and dung to nitrous oxide emissions: quantification of country specific emission factors and implications for national inventories. (en línea). Science of the Total Environment. 635: 607-617. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.152>
32. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In:* International Grassland Congress (17th, 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Krrling and Mundy. pp. 95-104

33. Cooper, J. P.; Tainton, N. M. 1968. Light and temperature requirement for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 38 (3): 167-176.
34. Correa, D.; Scheffer-Basso, S.; Fontaneli, R. 2004. Adubação nitrogenada em uma pastagem natural da região da campanha do Rio Grande do Sul. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campo (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 275-276.
35. Corsi, W. C. 1978. Clima. *Miscelánea CIAAB*. no. 18: 255-266.
36. 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.
37. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-64.
38. Gallinal, J.; García Pintos, F.; García Pintos, R. 2016. Respuesta a los niveles de intervención de un campo natural sobre la producción primaria y secundaria. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.
39. García Petillo, M. 2012. Conceptos básicos para el manejo y diseño de riego. In: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (2^o., 2012, Salto, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Grupo Desarrollo de Riego. pp. 23-32.
40. Gomes, K.; Maraschin, G.; Riboldi, J. 2000. Comportamento de espécies de uma pastagem natural em função de níveis de oferta de forragem. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (18^a., 2000, Guarapuava). Trabajos presentados. Guarapuava, s.e. pp. 163-165.
41. Gonzales, A.; Queheille, F.; García, A.; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2004. Efecto de la oferta de forraje y fertilización nitrogenada sobre la densidad invernal de macollas por planta de *Stipa setigera* Spreng. en un campo natural del Uruguay. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (20^a., 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 266-267.

42. González, F.; Rodríguez, M. 2006. Efecto de la dosis de fósforo e intensidad de pastoreo sobre la producción de un mejoramiento de campo natural con *Trifolium repens* L. y *Lotus glaber* Mill. en la Unidad de suelos Río Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 102 p.
43. 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.
44. Heitschmidt, R.; Walker, J. 1997. Grazing management; technology for sustainable rangeland ecosystems? In: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Brazil). Proceedings. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 303-331.
45. Houston, W.; Hyder, D. 1975. Ecological effects and fate of N following massive N fertilization of mixed-grass plains. *Journal of Range Management*. 28 (1): 56-60.
46. 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.
47. Larratea, F.; Soutto, J. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 141 p.
48. 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.
49. _____. _____. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: descripción de las unidades de suelos. Montevideo, Uruguay. t.3, 452 p.
50. Maraschin, E. G. 1993. Experiências de avaliação de pastagens com bovinos de corte no Brasil. In: Puignau, J. P. ed. Metodología de evaluación de pasturas. Montevideo, Uruguay, IICA. pp. 127-146.
51. _____.; Moojen, E. L.; Escosteguy C. M. D.; Correa, F. L.; Apezteguia, E. S.; Boldrini, I. I.; Riboldi, J. 1997a. Native pasture, forage on offer and animal response. In: International Grassland Congress (18th., 1997, Saskatoon). Proceedings. s.n.t. v.2, p. 288.

52. _____.; Almeida, E.; Harthmann, O. 1997b. 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.
53. _____. 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 (3º., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens: anais. Canoas, s.e. pp. 29-39.
54. Mas, C. 2012. Mejoramientos extensivos: antecedentes. In: Mesones, B. ed. 21 años de investigación: pasturas - producción animal en la UEPP, recopilación 1991-2011. Montevideo, INIA pp. 4-9.
55. Mason, J.; Miltimore, J. 1969. Yield increases from nitrogen on native range in Southern British Columbia. *Journal of Range Management*. 22 (2): 128-131.
56. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario 2011. Montevideo. 142 p.
57. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, Uruguay, FUCREA. 199 p.
58. Molino, 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 12 dic. 2018. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/rec_nat/agua_a_disp_uru.pdf
59. _____. 2009. Estimación del agua disponible en los grupos CONEAT: metodología empleada. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 21 nov. 2017. Disponible en http://www.cebra.com.uy/renare/wpcontent/files_mf/1341437011estimaciondelaguadisponibleenlosgruposconeat.pdf
60. Morón, A. 1996. Ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51).

61. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th., 1960, Reading, England). Proceedings. Reading, Alden. pp. 606-611.
62. Nabinger, C. 1998. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3ª., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens: anais. Canoas, s.e. pp. 54-107.
63. _____.; Dall'agnol, M. E.; De Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e produtividade de empastagens. In: Nabinger, C. ed. Manejo conservacionista de pastagens: um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, Brasil, s.e. s.p.
64. _____.; 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.
65. Oliveira, J.; Moraes, C. 1998. Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca de *Bromus auleticus* Trinus. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (17ª., 1998, Lages). Trabajos presentados. Lages, s.e. p. 94.
66. Peirano, M.; Rodríguez, A. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 105 p.
67. Pirez, L. 2012. Evaluación de la fertilización nitrogenada del campo natural para *Stipa setigera* Presl y *Bromus auleticus* Trinius bajo pastoreo vacuno en el período invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
68. Reffati, M.; Mezzalira, J.; Silva, C.; Devicenzi, T.; Schmidt, 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 Forrajes del Cono Sur (22ª., 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, s.e. p. 211.
69. Ríos, A. 1996. El uso y manejo de los suelos y la evolución florística de los agroecosistemas. In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo

- y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. pp. 95-100 (Serie Técnica no. 76).
70. Risso, D. F.; 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. 205-230.
 71. _____. 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 (14ª., 1998, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 23-28 (Serie Técnica no. 94).
 72. _____.; Berretta, E.; Zarza, A.; Cuadro, R. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engordar de novillos en la región de Cristalino. In: Risso, D.; Montossi, F. eds. Mejoramientos de campo en la región de Cristalino: fertilización, producción de carne de calidad y persistencia productiva. Montevideo, INIA. pp. 3-30 (Serie Técnica no. 129)
 73. Rodríguez Palma, R.; Rodríguez, T.; Andión, J.; Vegnes, P. 2009. Respuesta en producción animal a la fertilización de campo natural. (en línea). In: Seminario Producción Animal; Limpia, Verde y Ética (1º., 2009, Tacuarembó). Trabajos presentados. Agrociencia (Montevideo). 13 (3): 87. Consultado 20 ene. 2019. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/243>
 74. Romero, R. s.f. Características geográficas y socioeconómicas del Uruguay. (en línea). Montevideo, INIA. GRAS. s.p. Consultado 27 may. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/uruguay_gral.htm
 75. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. División Publicaciones y Ediciones. 86 p.
 76. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Reimp. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 321 p.
 77. Setelich, E. 1994. Potencial produtivo de umapastagem natural do Rio Grande do Sul, submetida a distintas ofertas de forragem. Teses Master em Zootecnia. Rio Grande do Sul, Brasil. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 169 p.

78. Sevrini, M.; Zanoniani, M. 2011. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Bromus auleticus* Trinus en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 99 p
79. 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.
80. Tothill, J. C. 1978. Measuring botanical composition of grasslands. In: Mannetje, L. ed. Measurements of grassland vegetation and animal production. Hurley, s.e. pp. 22-55.
81. _____.; Hargreaves, J. N. G.; Jones, R. N.; McDonald, C. K. 1992. Botanal: measuring the botanical composition of grazed pastures. St. Lucia, Brisbane, Queensland, Australia, CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. 24 p.
82. Zanoniani, R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
83. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. (en línea). *Agrociencia* (Montevideo). 15 (1): 115-124. Consultado 2 ago. 2017. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/101>