

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA INTERVENCIÓN DE CAMPO NATURAL CON NITRÓGENO Y
LEGUMINOSAS EN VERANO OTOÑO

por

Diego Antonio DE BRUN CABRERA
Matías Roberto GONZÁLEZ PÍRIZ
Néstor Matías REDÍN NAVARRO

Trabajo final de grado presentado
como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2023

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

Ing. Agr. (Dr) Pablo Boggiano

.....

Ing. Agr. (MSc) Nicolás Caram

.....

Ing. Agr. (MSc) Felipe Casalás

Fecha: 17 de enero de 2023

Autores:

Diego de Brun

.....

Matías González

.....

Matías Redín

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A la Facultad de Agronomía, por la formación académica brindada.

Al Ing. Agr. Pablo Boggiano por la orientación y apoyo en la realización de este trabajo.

A los Ing. Agr. Nicolás Caram, Felipe Casalás y al personal de laboratorio de la EEMAC por el apoyo brindado durante la etapa práctica de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL	3
2.2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA	4
2.2.1. Sobre los componentes del rendimiento	5
2.2.1.1. Sobre la elongación foliar	5
2.2.1.2. Sobre la aparición foliar	6
2.2.1.3. Sobre la aparición de macollos	6
2.2.2. Sobre la producción primaria	7
2.2.3. Sobre la producción de forraje en el mediano plazo	8
2.2.4. Sobre la tasa de crecimiento	9
2.2.5. Sobre la composición botánica	11
2.2.6. Sobre la calidad del forraje producido	13
2.2.7. Sobre la producción secundaria	14
2.2.8. Interacción N x intensidad de pastoreo	15
2.3. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LEGUMINOSAS	17
2.3.1. Sobre la producción primaria	18
2.3.2. Sobre la tasa de crecimiento	19
2.3.3. Sobre la composición botánica	20
2.3.4. Sobre la calidad de la pastura	21
2.3.5. Sobre la producción secundaria	22
2.4. EFECTO DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO	23
2.4.1. Sobre la producción de forraje	23

2.4.2. Sobre la composición botánica	25
2.4.3. Sobre la producción secundaria	27
2.5. HIPÓTESIS BIOLÓGICA	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES	30
3.1.1. Ubicación del sitio experimental	30
3.1.2. Características del sitio experimental	30
3.1.2.1. Suelos	30
3.1.2.2. Vegetación	30
3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	35
3.2.1. Manejo del pastoreo	35
3.2.2. Determinaciones relativas a la producción primaria	35
3.2.2.1. Materia seca presente	35
3.2.2.2. Materia seca producida	36
3.2.2.3. Tasa de crecimiento diaria	36
3.2.2.4. Materia seca disponible	36
3.2.2.5. Materia seca remanente.	36
3.2.2.6. Altura de forraje disponible y remanente	37
3.2.2.7. Materia seca desaparecida	37
3.2.3. Determinaciones relativas a la composición botánica	37
3.2.4. Determinaciones relativas a la producción secundaria	38
3.2.4.1. Carga media	38
3.2.4.2. Peso vivo	38
3.2.4.3. Ganancia media diaria individual y por hectárea	38
3.2.4.4. Oferta de forraje	38
3.3 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	38
3.4 MODELO ESTADÍSTICO	39
3.4.1. Modelo estadístico de la pastura	39

3.4.2. Modelo estadístico animal	40
3.4.3. Análisis por contrastes ortogonales	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	42
4.1.1. Temperatura	42
4.1.2. Precipitaciones	43
4.1.3. Balance hídrico	43
4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1	44
4.2.1. Producción primaria	45
4.2.1.1. Total del período	45
4.2.1.2. Primavera	45
4.2.1.3. Verano	47
4.2.1.4. Otoño	49
4.2.2. Composición botánica	50
4.2.2.1. Primavera	50
4.2.2.2. Verano	52
4.2.2.3. Otoño	53
4.2.3. Producción secundaria	54
4.2.3.1. Primavera	54
4.2.3.2. Verano	55
4.2.3.3. Otoño	56
4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2	58
4.3.1. Producción primaria	58
4.3.1.1. Primavera	58
4.3.1.2. Verano	59
4.3.1.3. Otoño	60
4.3.2. Composición botánica	61
4.3.2.1. Primavera	61

4.3.2.2. Verano	63
4.3.2.3. Otoño	64
4.3.3. Producción secundaria	66
4.3.3.1. Primavera	66
4.3.3.2. Verano	67
4.3.3.3. Otoño	69
5. CONSIDERACIONES FINALES	72
6. CONCLUSIONES	74
7. RESUMEN	75
8. SUMMARY	77
9. BIBLIOGRAFÍA	79

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla	Página
Tabla 1 Efecto de los distintos tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período.....	45
Tabla 2 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y tasa de crecimiento diaria (TC) para el período primaveral.	46
Tabla 3 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje de desaparecido (Des.) para el período primaveral.....	47
Tabla 4 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período de verano.	48
Tabla 5 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje de desaparecido (Des.) para el período de verano.....	48
Tabla 6 Efecto de los distintos tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para período otoñal.	49
Tabla 7 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje de desaparecido (Des.) para el período otoñal	50

Tabla 8 Contribución porcentual al forraje disponible total de las gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según tratamiento para el período primaveral	51
Tabla 9 Contribución porcentual al forraje disponible total de las gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según tratamiento para el período de verano.....	52
Tabla 10 Contribución al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), Hierbas y restos secos (RS) según tratamiento para el período otoñal.....	53
Tabla 11 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso) y su efecto sobre la altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento durante el periodo primaveral.....	54
Tabla 12 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso) y su efecto sobre la altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento durante el periodo de verano.....	55

Tabla 13 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso) y su efecto sobre la altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento durante el periodo de otoño.....	57
Tabla 14 Efecto de la historia de fertilización y dosis nitrogenada sobre la materia seca producida (MSProd), la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR) y altura del forraje remanente (AltR) para el período primaveral.....	58
Tabla 15 Efecto de la historia de fertilización y dosis nitrogenada sobre la producción de forraje (MSProd), la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR) y altura del forraje remanente (MSR) y altura del forraje remanente (AltR) para el período de verano.....	59
Tabla 16 Efecto de la historia de fertilización y dosis nitrogenada sobre la producción de forraje (MSProd), tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR) y altura del forraje remanente (MSR) y altura del forraje remanente (AltR) para el período otoñal.....	61
Tabla 17 Contribución porcentual al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según historia de fertilización y dosis nitrogenada para el período primaveral.....	62

Tabla 18 Contribución porcentual al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según historia de fertilización y dosis nitrogenada para el período de verano.....	63
Tabla 19 Contribución porcentual al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según historia de fertilización y dosis nitrogenada para el período otoñal.	65
Tabla 20 Oferta de forraje (OF) carga instantánea (CI), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización durante el periodo primaveral.....	66
Tabla 21 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso), altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización y dosis nitrogenada durante el periodo primaveral.....	67
Tabla 22 Carga instantánea (CI), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización durante el periodo de verano.	68
Tabla 23 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso), altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización y dosis nitrogenada durante el periodo de verano.	69

Tabla 24 Oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización durante el periodo otoñal.	70
Tabla 25 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso), altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización y dosis nitrogenada durante el periodo otoñal.	71
Figura	
Figura 1 Croquis del área experimental.	33
Figura 2 Tipos de suelo dentro del área experimental.	34
Figura 3 Temperatura máxima, media y mínima desde diciembre de 2017 hasta mayo de 2018 y la media de dichos meses para el período 2002-2018 en grados Celsius (°C).	42
Figura 4 Precipitación mensual durante el período de estudio y promedio histórico para el mismo período en milímetros (mm).	43
Figura 5 Evolución del agua almacenada en el suelo (Alm), precipitación y evapotranspiración mensuales y períodos de déficit y exceso hídrico desde el 1 de agosto de 2017 al 15 de marzo de 2018	44

1. INTRODUCCIÓN

El campo natural es el principal recurso forrajero que sustenta la producción pecuaria del Uruguay, sobre todo la ganadería que es uno de los principales rubros que se desarrollan en el país (MGAP. SNIG, 2021).

Es la principal fuente de alimento para los herbívoros, y si bien se encuentra limitado fundamentalmente por el bajo valor nutritivo del forraje en la mayor parte del año y la estacionalidad de su producción, que gran parte se concentra en cuatro o cinco meses, su capacidad para recuperarse de periodos climáticos adversos lo convierte en un recurso estratégico (Zanoniani y Lattanzi, 2017).

El tapiz vegetal natural está conformado por una gran diversidad de especies definidas por la interacción entre suelo, clima y utilización de la pastura (Milot et al., 1987).

El campo natural en Uruguay está caracterizado por: una marcada estacionalidad, siendo el invierno la estación con menor producción; baja calidad del forraje, y predominancia de especies gramíneas estivales. La escasa producción invernal, que se ha visto acentuada debido al sobrepastoreo continuo al que se ha sometido por décadas, ha llevado a la pérdida de especies invernales de mayor producción y mejor tipo productivo. La pérdida de especies de mayor calidad, y sobrevivencia de especies menos productivas, han llevado al endurecimiento de los campos. Por otro lado, el bajo contenido de fósforo de los suelos ha hecho que las especies con mayores requerimientos de este nutriente, como lo son las leguminosas, se hayan visto desfavorecidas también por esta deficiencia. La desaparición de leguminosas (fijadoras de nitrógeno atmosférico) del tapiz contribuye al bajo contenido de nitrógeno en los suelos, que durante el invierno se mineraliza aún menos por la baja actividad biológica, lo que explica también la disminución de las especies invernales (Carámbula, 1996).

Es necesario corregir las limitantes anteriormente mencionadas para mejorar la producción y calidad de los campos naturales, que asegure la continuidad sustentable de este recurso tan valioso para la producción ganadera. Existen manejos y tecnologías que pueden contribuir al incremento del potencial de producción, como lo son: frecuencia e intensidad de pastoreo,

mejoramientos con introducción de leguminosas, fertilización fosfatada y nitrogenada. En este trabajo se evaluarán algunas de estas tecnologías.

Los objetivos planteados son los siguientes:

1) Evaluar la respuesta productiva del campo natural bajo pastoreo rotativo a la fertilización nitrogenada a diferentes dosis y la introducción de leguminosas en primavera, verano y otoño.

2) Evaluar la respuesta en: producción de forraje, composición botánica del forraje disponible y la producción animal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL

El campo natural está conformado por numerosas especies que, presentando diferencias tanto a nivel morfológico como biológico, conviven en asociaciones de carácter herbáceo (Carámbula, 1996).

El campo natural en el Uruguay es una comunidad de especies vegetales donde predominan las gramíneas de mediano y bajo porte, dicotiledóneas tales como las compuestas y leguminosas, graminoides como juncáceas y ciperáceas y otro gran número de familias que aparecen en menor frecuencia. La prevalencia de estas especies varía en función de su adaptación a los distintos materiales geológicos, tipos de suelo, topografías y manejo del pastoreo (Millot et al., 1987).

El momento de mayor actividad de crecimiento de las pasturas naturales es durante el período primavera-verano-otoño, y es determinado por un predominio de especies de ciclo estival, especies de metabolismo fotosintético C4 que tienen óptimos de temperatura e intensidad de luz mayores a las especies invernales (de ciclo C3) (Millot et al., 1987).

La mayor abundancia de especies C4 se explica además por su mayor eficiencia en el uso del agua y el N, lo que les confiere una mayor adaptación a la sequía y a suelos de baja fertilidad. El hecho de que los suelos más profundos y fértiles entreguen una mayor proporción de su forraje durante el período invernal corrobora dicho comportamiento (Carámbula, 1996).

Debido a sus características de crecimiento y el manejo al que son sometidas es que también se explica la menor prosperidad de las especies invernales. Es durante el invierno cuando los requerimientos de los animales son más elevados, no solo por las bajas temperaturas si no por ser además el período en que se da la fase final de la gestación. Las más productivas y apetecidas de estas especies invernales sufren una defoliación extenuante por parte de los herbívoros en un momento clave de su desarrollo. Así es que estas fueron perdiendo sucesivamente participación en el tapiz natural, generando una estacionalidad más marcada en la producción de forraje (Carámbula, 1996).

En suelos superficiales la producción anual se encuentra en el entorno de los 2500 kg/ha de MS, en suelos medios ronda los 3500 kg/ha de MS y puede llegar a los 5000 kg/ha de MS o sobrepasarlos en suelos arenosos y suelos profundos de alta fertilidad. De esta producción, el 60 a 70% al menos es forraje producido durante el período primavera-estival y puede llegar a un 10 a 15% invernal. El contraste se vuelve aún mayor en suelos arenosos, alcanzándose un 80% de la producción durante el período de primavera-verano y un 5% durante el invierno (Berretta, 1995).

Debido a esta estacionalidad de la producción, y considerando que la carga animal es relativamente constante en el correr del año, es evidente que se darán períodos de subpastoreo, especialmente durante la primavera, y de sobrepastoreo en períodos de escasez tales como el invierno. Esto conduce a problemas tanto a nivel de producción de la pastura como de los animales (Carámbula, 1996).

En este sentido, Pigurina et al. (1998) sostienen que la ganancia de peso está más directamente relacionada con la producción de las pasturas que con otros parámetros de calidad de las mismas como lo son el contenido de proteína cruda (PC) o la digestibilidad. Trabajando con cargas de 0,8 UG/ha y relación lanar/vacuno (L/V) 2:1, observaron que la ganancia diaria animal fue negativa durante el invierno (-0,176 kg/ha/día), la menor en el año. En el otro extremo, la ganancia máxima se dio en primavera (0,858 kg/ha/día), siendo intermedias las ganancias durante el verano y el otoño (0,413 y 0,194 kg/ha/día respectivamente).

2.2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

La deficiencia de algunos nutrientes minerales en los suelos de nuestro país es bien conocida, especialmente nitrógeno (N) y fósforo (P). Al ser las gramíneas el componente principal de las pasturas naturales, el N aparece como uno de los elementos de mayor importancia (Ayala y Carámbula, 1994).

En el horizonte superficial de los suelos de nuestro país, el contenido de N varía entre 0,1 y 0,3% (Morón, citado por Pirez, 2012), y es en estas condiciones que se desarrollaron vegetaciones estivales, con especies más eficientes en el uso de los recursos limitantes (Ayala y Carámbula, 1994).

De todos los nutrientes que requieren los vegetales, el N es el que tiene mayor efecto sobre su crecimiento. Un campo natural que produce de 2 a 4 Mg/ha de MS requiere 50 kg de N y 5 kg de P por hectárea (Perdomo y Barbazán, 2012).

Ayala y Carámbula (1994) reportan la ausencia de respuesta al agregado de potasio (K) y P, y un aumento significativo en la producción de forraje frente al agregado de N. A su vez, el agregado de los tres elementos conjuntamente reportó incrementos de hasta el 300% debidos a la interacción entre estos nutrientes.

Boggiano et al. (2000) observaron que una hectárea de campo natural fertilizado con N puede mantener una carga animal equivalente a la de 3,5 hectáreas sin fertilizar.

2.2.1. Sobre los componentes del rendimiento

2.2.1.1. Sobre la elongación foliar

La tasa de elongación foliar (TEF) de la pastura es la variable estructural que más influye sobre la captura de radiación y sobre el carbono fijado (Mazzanti et al., 1997).

La fertilización con N sobre una pastura de raigrás triplica la TEF por macollo durante 6 semanas luego de una aplicación única durante el verano, sin embargo, el incremento es menor durante la primavera y el otoño (Whitehead, 1995). En *Festuca arundinacea*, Volenec y Nelson, citados por Whitehead (1995), observaron que incrementando la dosis de N aplicada se podía llegar a duplicar la TEF.

El efecto del agregado de N sobre la TEF está condicionado en gran medida por la temperatura. En avena y raigrás, por debajo de los 8 °C el efecto de la fertilización nitrogenada es limitado, pero en la medida que la temperatura aumenta, y aunque la TEF se incrementa exponencialmente independientemente de la dosis de N aplicada, las diferencias hacen más notorias entre los diferentes niveles de N (Mazzanti et al., 1997).

2.2.1.2. Sobre la aparición foliar

Los macollos vegetativos de las gramíneas producen hojas a una tasa que está fuertemente asociada a la temperatura. A su vez la producción de hojas por macollo se ve balanceada por la senescencia de las hojas más viejas, este proceso ocurre a una tasa similar que la aparición foliar en pastos que no son defoliados, por lo que normalmente no se observan más de 3 hojas verdes por macollo (Whitehead, 1995).

La respuesta de la tasa de aparición foliar (TAF) al agregado de N no está del todo clara, habiéndose observado respuestas nulas o de pequeña magnitud en distintos casos (Mazzanti et al., 1997, Wilman y Wright, 1983). Sin embargo, en situaciones de deficiencias severas sería esperable que el agregado de N tenga un efecto positivo sobre la misma (Anslow, citado por Mazzanti et al., 1997).

En cultivos de raigrás anual con bajos niveles iniciales de N, se observa una clara disminución en el filocrón con el aumento de la dosis nitrogenada. Temperaturas muy bajas podrían limitar la magnitud de la respuesta (Mazzanti et al., 1997).

2.2.1.3. Sobre la aparición de macollos

Aplicaciones de N tienen efecto sobre la densidad de macollos de una pastura, así lo determinaron Mazzanti et al. (1994), que observaron un incremento del 22% en macollos por metro cuadrado en dos variedades de festuca. En raigrás perenne y *Dactylis glomerata*, Whitehead (1995), encontró que la fertilización con N triplicó la cantidad de macollos por planta.

Además del aumento en la densidad, el agregado de N provoca también un incremento en la tasa de aparición de macollos, efecto que puede ser explicado en parte por la activación de meristemas potencialmente productores de nuevos macollos. Dicho incremento puede ser también consecuencia indirecta del aumento en la TAF, que se traduce en una mayor producción de yemas potencialmente productoras de macollos (Whitehead, citado por Mazzanti et al., 1997).

Sin embargo, cuando las fertilizaciones nitrogenadas son acompañadas por defoliaciones poco frecuentes se ha demostrado una moderación de la

tendencia mencionada anteriormente (Whitehead, 1995), y con intervalos de defoliación de 10 semanas se han observado incluso reducciones en el macollaje (Wilman y Wright, 1983).

2.2.2. Sobre la producción primaria

La fertilización nitrogenada sobre pasturas conformadas por un gran porcentaje de especies estivales, tal como lo es el campo natural, provoca un aumento en la producción de forraje y la estacionalidad de la misma. Este incremento de la producción se concentra en los meses de primavera, verano y otoño, y si bien se observa un aumento de la producción invernal con la aplicación de NPK, este incremento no sería suficiente para suplir la demanda animal. Las bajas temperaturas, las heladas y el exceso hídrico imposibilitan un suficiente aprovechamiento de la fertilización durante el período invernal. En este sentido, la fertilización temprano en el otoño podría favorecer el desempeño de las pasturas en el invierno al permitirles un mayor macollaje, que a su vez también incrementa su rendimiento entrando en la primavera (Ayala y Carámbula, 1994).

La fertilización con N puede producir incrementos de cuantía en la producción de forraje de distintos campos naturales. La variación en la respuesta a la fertilización dependerá entre otros factores, de la textura de los suelos y del estado de la pastura (Mason y Miltimore, citados por Bottaro y Zavala, 1973).

Ayala y Carámbula (1994) observaron que la producción de forraje se mantuvo incambiada con el agregado de P y K, y al incorporar N a la fertilización, lograron incrementos en el rendimiento de entre 253% y 300% por efectos de interacción entre estos nutrientes. Stoddart et al., citados por Berretta et al. (1998), sostienen también que la aplicación de N y P conjuntamente es más eficiente que la sola aplicación de N.

En este mismo sentido, Berretta (2005a) observa que con dosis anuales de 90 kg de N y 44 de P₂O₅ por hectárea en campos con pastos invernales finos y tiernos en una frecuencia de al menos 20%, se puede favorecer un rebrote más temprano a la salida del invierno, reduciendo así el período de escaso crecimiento vegetal. La producción de forraje del campo fertilizado tiende a estabilizarse en un valor que es un 60% mayor al campo sin fertilizar.

El solo agregado de N sobre pasturas naturales ha sido reportado como multiplicador de la producción de forraje por distintos autores, desde incrementos del 29% con dosis de 100 unidades de N fraccionadas en otoño y fines de invierno como reporta Rodríguez Palma et al. (2009) para un período de 7 años de estudio, hasta aumentos del 194% con dosis de 200 unidades de N como encontraron Correa et al. (2004).

Otros autores en cambio no obtuvieron resultados tan claros, tal es el caso de Gallinal et al. (2016), quienes trabajando con dosis anuales de 60 y 120 unidades N por hectárea no encontraron diferencias en la producción respecto al testigo durante el verano y otoño, sin embargo, para el período primaveral en el mismo experimento Duhalde y Silveira (2018) encontraron incrementos del 100% en la producción con el agregado de 120 unidades de N.

La variación en la distribución de la producción de forraje en el año es reportada también por Burgos (1974) quien observó que la fertilización con N y P en dos suelos distintos resultaba en incrementos significativos en la producción durante el otoño, invierno y verano, pero no así durante la primavera. El autor menciona que las heladas tardías y la sequía ocurrida durante el experimento estarían explicando este comportamiento, evidenciando un efecto año sobre la respuesta a la fertilización.

2.2.3. Sobre la producción de forraje en el mediano plazo

El efecto de la fertilización nitrogenada más allá del primer año luego de la aplicación ha sido estudiado extensivamente, observándose un claro efecto positivo de esta sobre el volumen de forraje producido, así lo reportan varios autores.

Mason y Miltimore (1969) evaluaron el efecto de una única aplicación de 66 y 266 kg/ha de N durante los 4 años siguientes. Si bien el primer año las diferencias no fueron de gran magnitud entre sí, los tratamientos con dosis altas mostraron aumentos en la producción más duraderos en el tiempo, observándose incrementos en la producción de forraje del primer al cuarto año del 73, 58, 92 y 101% para la dosis alta frente a los 68, 35, 14 y 6% de la dosis baja respectivamente.

Otro estudio del efecto de una única aplicación a alta dosis fue llevado a cabo por Houston y Hyder (1975), quienes, trabajando con dosis de 224, 448 y 672 kg/ha de N, observaron incrementos de entre el 53 y 84% en los 4 años post fertilización.

Por su parte, Koukoura et al. citados por Álvarez et al. (2013), encontraron en un experimento de 3 años de duración, que el primer año post fertilización la producción de forraje se incrementó casi un 100%, mientras que para el total del período evaluado el incremento promedió un 20%.

Hanisch et al. (2008), evaluando la persistencia de la producción de forraje observaron que, con distintos niveles de fertilización nitrogenada en un período de 4 años, la producción de forraje se incrementó en relación lineal a la dosis de N utilizada, especialmente hasta el tercer año.

Mason y Miltimore (1959), trabajando sobre pasturas dominadas por *Agropyron spicatum*, *Poa secunda* y *Artemisia tridentata* que durante los años previos ni durante el experimento fueron pastoreadas, evaluaron el efecto de cuatro dosis de N sobre la producción de forraje y su contenido de proteína. Los tratamientos de mayor dosis, 67 kg/ha de N, aumentaron el rendimiento un 65% el primer año y un 154% el segundo, resultando en un promedio de 120% para el período estudiado.

Berretta et al. (1998) observaron aumentos significativos en el crecimiento de la pastura con el agregado de N y P. En un experimento de 3 años de duración, con fertilizaciones nitrogenadas en marzo y agosto de cada año, encontraron siempre una mayor producción de pasto en los tratamientos fertilizados frente al testigo. El primer año el crecimiento fue un 27% mayor, mientras que el segundo y tercero los incrementos respecto al testigo fueron del 54 y 75% respectivamente, resultando en una eficiencia en el uso del N de 7,5; 22,3 y 23 kg de MS por kg de nutriente en el primer, segundo y tercer año respectivamente.

2.2.4. Sobre la tasa de crecimiento

Desde el punto de vista del manejo ganadero, la fertilización tiene su mayor influencia en las estaciones de otoño e invierno. Campos fertilizados con N y P casi alcanzan a duplicar la tasa de crecimiento diaria (TC) de la pastura

natural sin fertilizar, verificándose también incrementos en la producción de forraje durante las demás estaciones (Berretta, 2005b).

Trabajando con fertilizaciones anuales de 92 unidades/ha de N y 44 unidades/ha de P₂O₅ en un período de tres años, Berretta et al. (1998), observaron que los tratamientos fertilizados produjeron siempre significativamente más forraje que el tratamiento testigo no fertilizado. Este comportamiento se constata para cada período otoñal e invernal de los tres años, encontrándose la producción por encima del testigo aún con cargas animales considerablemente mayores que las de este último. En la medida que los efectos de la fertilización se van acumulando, se incrementan las diferencias en la producción en los tratamientos fertilizados frente al testigo, tanto es así que durante los períodos de verano, las tasas de crecimiento se encontraron entre los extremos de 6 y 32 kg/ha/día de MS, mientras que para los tratamientos fertilizados las mismas se ubicaron entre 7 y 61 kg/ha/día de MS.

Rodríguez Palma et al. (2009), durante un período de 7 años, evaluaron el efecto de la aplicación de 100 unidades de N anuales fraccionadas entre otoño y fines de invierno sobre la tasa de crecimiento estacional de pasturas naturales sobre Brunosoles Éutricos. Frente al testigo sin fertilizar, observaron incrementos en la TC del 40, 46 y 15% durante el invierno, primavera y verano respectivamente, no encontrándose diferencias para el período otoñal.

Boggiano et al. (2000), trabajando con 5 niveles de fertilización nitrogenada y de oferta de forraje, constataron un efecto lineal del N sobre la TC, siendo este el principal factor que la influencia. A ofertas de forraje bajas observaron aumentos de hasta 20 kg/día de MS, mientras que con ofertas más altas el incremento llegó hasta los 12 kg/día de MS.

Rodríguez, citado por Zanoniani (2009), encontró que 100 unidades de N aumentaron la tasa de elongación foliar de *Lolium multiflorum*, *Stipa setigera* y *Hordeum stenostachys* durante el invierno y la primavera. Capacidades diferenciales de crecimiento de las especies durante el período invernal podrían determinar distintos niveles de captura, eficiencia y utilización del N (Whitehead, citado por Zanoniani, 2009).

Agnusdei et al., Mazzanti et al., citados por Zanoniani (2009) determinaron sobre verdes invernales que la TC se triplicó con dosis de 100 a

150 kg/ha de N/ aplicadas a fines de julio, principios de agosto. La fertilización permitió adelantar el pico de acumulación de forraje entre 20 a 30 días.

2.2.5. Sobre la composición botánica

La respuesta de las pasturas naturales frente a la fertilización nitrogenada depende principalmente del momento de la aplicación y de la conformación florística de la pastura, siendo este último factor, a la vez, modificado por la propia fertilización (Chapin, Tillman, Berendse et al., citados por Bemhaja et al., 1994, Zanoniani, 2009).

Cambios en la fertilidad no solo afectan la producción, sino que también conducen a un nuevo balance entre las especies que componen la pastura. Una vez que se levanta la restricción nutritiva, las especies que mayor respuesta tienen al factor previamente limitante son las que se ven más favorecidas (Ayala y Carámbula, 1994).

Ayala y Carámbula (1994) observaron un aumento notorio en la presencia de especies anuales invernales, y muy especialmente de *Gaudinia fragilis* y *Vulpia australis*. Este comportamiento se maximizó cuando junto al N se agregaron P y K. Similarmente, Berretta, citado por Zanoniani (2009), también verificó que con el agregado de N en otoño y primavera se produjo un aumento en la contribución de especies invernales, así como también aumentos en la participación de especies de tipo productivo fino y tierno. Boggiano y Berretta, citados por Zanoniani (2009), sostienen que este aumento en el nivel trófico del sistema se traduce en un incremento del número de especies y, por tanto, de su biodiversidad.

Berretta et al. (1998), fertilizando con N y P observaron un incremento en la participación de las especies invernales en los sucesivos muestreos, verificando durante el invierno del tercer año de estudio una participación mayor de las especies invernales respecto a las estivales. Los autores sostienen que este comportamiento se debe al aumento del nivel trófico que provoca la fertilización. Los pastos de tipo productivo fino y tierno-fino fueron más frecuentes en los tratamientos fertilizados. Las principales especies en las que los autores verificaron este comportamiento fueron *Adesmia bicolor*, *Poa lanigera*, *Paspalum dilatatum*, y *Stipa setigera*, siendo esta última la única de tipo productivo tierno-fino de las cuatro, y también la más frecuente, soportando

bien el pastoreo cuando su frecuencia es elevada. Los pastos finos no mostraron una tendencia clara con la fertilización, y los ordinarios, debido a la mayor presencia de pastos finos y tierno-finos, vieron su frecuencia reducida.

Similares resultados observó Bemhaja (1994), con el agregado de N en forma directa (fertilizando) o indirecta (a través de la incorporación de leguminosas al tapiz natural). La fertilización favoreció principalmente a las especies invernales y de tipo productivo fino y/o tierno, como es el caso de *Poa lanigera* por ejemplo, elevando la calidad de la pastura.

En línea con lo señalado por los autores anteriores, Rodríguez Palma et al. (2009), evaluando la fertilización de un campo natural, observaron que luego de un período de 7 años con fertilizaciones anuales de otoño y fines de invierno, la participación de gramíneas invernales se incrementó un 25%, reduciéndose la frecuencia de gramíneas estivales, malezas de campo sucio, malezas menores y leguminosas.

Especies estivales de tipos productivos tiernos y finos como son *Paspalum notatum* y *P dilatatum* también incrementan su participación, mientras que pastos ordinarios como *Bothriochloa laguroides* y *Andropogon ternatus* la reducen, Malezas como *Baccharis coridifolia* y *Baccharis trimera* no aumentan su frecuencia con la fertilización (Berretta, 2005b).

Ramburg y Cooper, citados por Bottaro y Zavala (1973), estudiaron el efecto de la aplicación de niveles crecientes de N, P y abono orgánico sobre una pastura natural. Los autores observaron que cuanto mayor la dosis de N aplicada, menor el porcentaje de malezas en la pastura y mayor el porcentaje de gramíneas. En contrapartida, la aplicación de N prácticamente eliminó al trébol previamente presente en la pastura.

Drawe y Box (1969) obtuvieron resultados similares durante el primer año post-fertilización. Observaron que con cada incremento en la dosis de N aplicada se redujo la producción de malezas y se incrementó la producción de las gramíneas. Sin embargo, durante el segundo y tercer año esta tendencia se revirtió en los tratamientos de dosis altas (673 kg/ha de N o más), la producción de las gramíneas decreció en forma constante, mientras que las malezas aumentaron en la medida que aumentó la dosis nitrogenada. En el tratamiento sin fertilizar y en los de 112 y 336 kg/ha de N las malezas representaron un

tercio de la producción, y en la medida que la dosis pasó estos niveles, la producción de las malezas fue de entre el 45 y 77% de la producción total el tercer año.

Wayne et al., citados por Bottaro y Zavala (1973), trabajaron sobre un campo virgen desmalezado y un campo degradado abonado y repoblado con gramíneas durante un período de al menos 20 años. Los autores observaron que en el campo degradado y sin fertilizar las malezas fueron responsables del 16% de la producción total, mientras que en el mismo campo degradado pero fertilizado este porcentaje se elevó hasta el 50%. En el campo virgen se observó la misma tendencia, en el tratamiento no fertilizado las malezas representaron un 22% de la producción, y un 42% en su contraparte fertilizada. Concluyeron los autores que las malezas responden mucho mejor que las gramíneas nativas al tipo de fertilización utilizado.

Con fertilizaciones otoñales anuales, Duhalde y Silveira (2018), encontraron que la participación de gramíneas invernales anuales (fundamentalmente *Lolium multiflorum*) se vio favorecida por dichas aplicaciones, el aumento de su participación se dio en desmedro de las gramíneas estivales y de las invernales perennes como *Stipa setigera*.

El incremento en la contribución de especies anuales exóticas es también constatado por Cardozo et al., citados por Zanoniani et al. (2011), que observaron que con la fertilización y OF del 7%, a los tres años de la última fertilización la contribución de *Lolium multiflorum* y *Cardus nutans* se había incrementado, lo que constituye una degradación y desestabilización de la pastura natural, al sustituir especies perennes por anuales.

2.2.6. Sobre la calidad del forraje producido

El principal efecto que tiene el N sobre la pastura es el aumento de la producción de materia seca. En general, la aplicación de N, P o K no modifica la digestibilidad del campo natural salvo en el otoño, cuando la aplicación de N ayuda a mantener la digestibilidad del forraje en niveles más elevados, siendo esto particularmente cierto para el forraje acumulado durante 90 días (Ayala y Carámbula, 1994).

El agregado de N permite aumentar el porcentaje de proteína cruda de las pasturas naturales, este comportamiento se vuelve más notable en invierno y otoño (Ayala y Carámbula, 1994). Durante este período la fertilización nitrogenada permite duplicar los contenidos de PC en cultivos de avena o raigrás (Mazzanti et al., 1997).

La digestibilidad in vitro de la materia seca no se vería afectada por efecto de la fertilización nitrogenada, así lo señalan Mazzanti et al. (1997) y Whitehead (1995).

Bemhaja (1994), trabajando sobre dos tipos de suelo, basalto profundo y areniscas de Tacuarembó, evaluó el contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y PC de pasturas naturales con diferentes dosis de N. Sobre basalto profundo todos los tratamientos presentaron menores contenidos de fibra y fueron superiores en contenido de PC, sobre areniscas de Tacuarembó, en cambio, no observó cambios en ninguno de estos parámetros.

2.2.7. Sobre la producción secundaria

Zamalvide (1994) sugiere que la producción animal se vería afectada positivamente por la fertilización con NP con el incremento en la participación de especies de tipo productivos finos.

Azanza et al. (2004) por su parte señala que la fertilización no provoca una mejora en la calidad de la pastura, y que, en cambio, el aumento de la producción animal está dada por una mayor producción de forraje que permite mantener cargas más altas. El autor no observó cambios significativos en la ganancia individual entre animales sobre campos naturales fertilizados y sin fertilizar, pero los primeros fueron capaces de soportar una carga animal promedio 126% mayor durante el período de evaluación.

Boggiano et al. (2000) evaluaron el efecto de 5 ofertas de forraje y 5 niveles de fertilización nitrogenada distintos sobre la carga animal en campos naturales de Río Grande del Sur. Los autores constataron que a ofertas de forraje constantes, la carga media diaria debía incrementarse producto de una mayor producción de las pasturas fertilizadas. Este comportamiento se acentuó en la medida que la oferta de forraje disminuyó, verificándose aumentos en la

carga media diaria de hasta 500 kg/ha/día de PV, lo que supone una relación de 2,5 kg/ha/día de PV por cada kg de N aplicado.

Rodríguez Palma et al. (2009) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción secundaria, entre otras cosas. Para cada año de los 7 de duración del estudio, manejando cargas animales variables para mantener la altura del remanente constante, la pastura natural fertilizada mantuvo cargas entre 53 y 86% mayores respecto a su contraparte sin fertilizar. La ganancia diaria de peso vivo individual no se vio afectada entre tratamientos, mientras que la ganancia de peso vivo por hectárea en la pastura fertilizada fue mayor en 4 de los 7 años.

Similares resultados obtuvieron Peirano y Rodríguez (2004), que fertilizando con 50 unidades de N, encontraron que el tratamiento fertilizado soportó una carga 90% mayor que la del testigo, y si bien la producción secundaria no mostró diferencias entre los tratamientos, fue un 154% mayor en el tratamiento fertilizado.

Por su parte Berretta (2005a) sostiene que es posible mantener, con una fertilización de 92 kg/ha de N y 44 kg/ha de P_2O_5 , cargas de 0,9 UG/ha y lograr ganancias de 0,5 kg/animal/día, o aumentar la carga hasta 1,5 UG/ha a expensas de una ganancia diaria menor, de 0,3 kg/animal/día. Resultados similares obtuvo Zanoniani (2009), que con dosis de 150 kg/ha de N y una OF del 7% logró mantener una dotación de 1,4 UG/ha sobre campo natural.

2.2.8. Interacción N x intensidad de pastoreo

Boggiano et al. (2005) estudiaron el efecto de distintos niveles tanto de fertilización nitrogenada otoño-invernal como de OF sobre suelos de la Unidad San Manuel. Observaron que la producción máxima de forraje se daba a dosis de 150 kg/ha de N, independientemente de la OF utilizada, mientras que por debajo de este umbral, la producción de forraje aumenta en la medida que aumenta la OF.

El efecto de la OF sobre la producción de materia seca dependió de la dosis de N aplicada, dosis bajas con OF bajas resultaron en una menor producción de MS total, ya que según señalan los autores ambientes pobres en N reponen las estructuras removidas por el pastoreo con mayor lentitud. La

capacidad de producción de forraje de una pastura depende en parte de la disponibilidad de N y agua, pero fundamentalmente de su capacidad de interceptar y utilizar la radiación solar a través de sus hojas (Gastal et al. citados por Zanoniani, 2009). Remanentes mayores implican menor remoción de área foliar y favorecen a tipos cespitosos como lo son las especies invernales. Dosis mayores de N aceleraron el proceso de reposición, mientras que el comienzo del sombreado determinó el techo de acumulación de forraje, es así que esta última se maximiza en la medida que las OF sean menores (Boggiano et al., 2005).

La misma observación hace Zanoniani (2009), que señala que es necesario utilizar una combinación adecuada de agregado de N y OF para lograr maximizar la producción de la pastura, ya que la productividad se reduce cuando se combinan altas dosis de N con bajas OF. En ambientes ricos en N pastoreos más intensos producen un retraso en el comienzo del sombreado, manteniendo el crecimiento por un período más prolongado y por ende aumentan la acumulación de materia seca. Concomitantemente, capacidades de crecimiento de la pastura mayores le permiten a esta una mejor eficiencia en la captura y uso del N (Whitehead citado por Zanoniani, 2009).

El efecto negativo que pueden tener las OF altas es señalado por varios autores, Nabinger y Parsons citados por Álvarez et al. (2013), sostienen que OF altas incrementan la tasa de senescencia, pudiendo llegar hasta el punto de igualar la tasa de crecimiento.

Esta conducta fue constatada por Álvarez et al. (2013), quienes trabajaron con diferentes niveles de fertilización nitrogenada y OF, mientras que a niveles bajos de ambos factores la respuesta observada es mayor, en la medida que estos se incrementan la respuesta disminuye.

Boggiano et al. (2000) encontraron que el N tiene un efecto mayor sobre la acumulación de forraje que el que tiene la OF, para el primer factor la respuesta se tradujo en un aumento de entre 12 y 20 kg/ha/día de MS, mientras que, para el segundo, un cambio en la OF desde el 4 al 14% provocó un incremento de 10 kg/ha/día de MS. Si bien los autores reportan un efecto más notorio, aunque no significativo, de la OF a bajas dosis de N, a diferencia de lo que indican otros trabajos previamente citados, no observaron deterioros en la producción de materia seca con OF y dosis de N elevadas.

Álvarez et al. (2013) encontraron que independientemente de la dosis de N utilizado, el forraje desaparecido aumentó con la OF, esta tendencia estaría explicada porque con el aumento de la OF también aumentan las posibilidades de consumo del animal. Solamente durante el verano observaron una respuesta clara al N, donde el forraje desaparecido se incrementó con dosis de N hasta los 200 kg/ha.

2.3. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LEGUMINOSAS

La introducción de leguminosas y posterior promoción de gramíneas invernales productivas en el tapiz, son alternativas tecnológicas importantes que permiten dinamizar el sistema de producción. En los ecosistemas pratenses de Uruguay con suelos pobres en P y N, la atmósfera es una gran proveedora de N a través de lo que sea posible fijar del mismo (Risso, 1994).

Los mejoramientos forrajeros permiten aumentar la eficiencia con la que se llevan a cabo los distintos procesos productivos, esto es explicado no solo por una mayor producción de materia seca, sino también por una mejora en la calidad del forraje disponible (Ayala y Carámbula, 1995).

Las leguminosas aportan alimento de alto valor nutritivo para el ganado y son capaces de aumentar el nivel de N en el suelo, favoreciendo así una suba de la proporción de gramíneas más productivas (Ball et al., Awan et al. citados por Bemhaja, 1998b). Según Bemhaja, citada por Bemhaja (1998b), las leguminosas permiten mejorar la productividad de las pasturas naturales, incorporando N y mantillo de fácil degradación además aumentar la producción de forraje total, mejorando su distribución directa o indirectamente.

Según Ayala y Bendersky (2017), el incrementar el nivel de leguminosas en el tapiz no solo posibilita mejorar la calidad de la dieta suministrada a los animales, sino que también permite potenciar el rendimiento al incorporar N al sistema por fijación biológica. A su vez los mismos autores le atribuyen la baja presencia de las mismas en suelos ganaderos a la baja disponibilidad de P que presentan los mismos.

En este sentido, para una buena implantación de leguminosas es indispensable la fertilización con fósforo, con fertilizaciones de entre 40 y 60

kg/ha de P_2O_5 sería suficiente para conseguir buenos resultados (Pallarés y Pizzio, 1994a).

La fijación biológica de N por asociación Rhizobium:leguminosa es una de las formas más económicas y ecológicas de incorporar el mismo en el sistema (Herridge, citado por García et al., 1994). Alrededor del 90% del N obtenido por las leguminosas deriva de fijación biológica del mismo, en promedio se puede considerar que se fijan alrededor de 30 kg de N por cada tonelada de MS de leguminosa (García et al., 1994).

2.3.1. Sobre la producción primaria

La gran variabilidad en la producción de forraje de las comunidades nativas y de los mejoramientos de campo, está explicada principalmente por la inestabilidad en el régimen hídrico (Berretta y Bemhaja citados por Bemhaja, 1998c).

Bemhaja (1998c), trabajando en suelos de basalto, evaluó 2 métodos de siembra (cobertura y zapata), 2 manejos de fertilización (40 y 80 unidades de P_2O_5) y 3 manejos de defoliación diferentes, para una pastura de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116. Para los distintos tratamientos encontró que la producción de forraje promedio se mantuvo por encima de las 5 Mg/ha de MS, sin tomar en cuenta la producción de verano, superando este valor a la producción del campo natural (4,5 Mg/ha/año de MS).

A su vez, Berretta (1998) menciona que con la introducción de leguminosas dependiendo del tipo de suelo y la vegetación del mismo, el rendimiento de las pasturas mejoradas puede ser entre 50 y 100% superior al de las pasturas naturales, llegando a ser el rendimiento invernal hasta tres veces superior que el de estas últimas.

Complementario a lo antes mencionado, evaluando dos mejoramientos en cobertura uno con Trébol blanco cv. Zapicán más *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel y otro con *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón, Risso et al. (2002), encontraron que ambos mejoramientos presentaron rendimientos anuales muy superiores al campo natural (3100 kg/ha de MS), siendo el rendimiento anual promedio para los 4 años de evaluación de 7658 y 7179 kg/ha de MS para el

Trébol blanco con *Lotus corniculatus* y para el *Lotus subbiflorus* respectivamente.

Bemhaja (1998b) evaluó la producción y persistencia de diferentes cultivares de *Lotus corniculatus* en suelos de basalto, encontrando que las mayores producciones se dieron en el segundo año, presentando estas un promedio de 6,9 Mg/ha de MS destacándose con diferencias significativas los cultivares San Gabriel y Ganador. Todos los cultivares tuvieron buena persistencia hasta el 4to año, después del cual las especies nativas comenzaron a generar una competencia más importante.

Contrario a lo reportado por los demás autores, González y Rodríguez (2006), al evaluar el efecto de la dosis de fósforo y la intensidad de pastoreo sobre un mejoramiento de campo natural entre los años 2004-2005, no encontró diferencias significativas entre el campo natural (5087 kg/ha/año de MS) y el mejoramiento (4768 kg/ha/año de MS), mencionando como la principal causa de este resultado los eventos de déficit hídrico ocurridos durante el período de evaluación.

2.3.2. Sobre la tasa de crecimiento

Bemhaja (1998a), al estudiar un mejoramiento sobre basalto, evaluando el efecto de distintas cargas animales, menciona que para todas las estaciones se vieron TC mayores a las del campo natural, presentando un aumento promedio de 113% a favor del mejoramiento, siendo esta diferencia máxima en el invierno con un incremento del 147% (TC de 18,7 kg/ha/día de MS en el campo natural mejorado vs. 7,3 kg/ha/día de MS del testigo) donde hubo un aporte importante de las leguminosas, principalmente el Trébol blanco como también de gramíneas invernales nativas.

Garín et al. (1993) en un experimento similar sobre un mejoramiento con *Lotus corniculatus*, llevado a cabo en Paysandú durante los meses de octubre, noviembre y diciembre encontraron una tasa de crecimiento de 26-33 kg/ha/día de MS.

González y Rodríguez (2006) encontraron tasas de 44 y 20 kg/ha/día de MS en un mejoramiento de campo natural utilizando un pastoreo intenso y otro moderado respectivamente en el periodo primavera verano. Para el mismo

periodo al año siguiente obtuvieron tasas muy inferiores, de 1 y 4 kg/ha/día de MS respectivamente atribuyendo estas bajas tasas a un periodo de déficit hídrico. La tasa promedio para todo el periodo fue de 25 kg/ha/día de MS, presentando esta gran variabilidad, y encontrándose la máxima tasa en invierno con 47 y 61 kg/ha/día de MS respectivamente para el pastoreo intenso y el moderado respectivamente.

2.3.3. Sobre la composición botánica

Bemhaja (1998a) trabajando en un mejoramiento con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* sobre basalto, con pastoreos rotativos y tres niveles de carga animal, observó un aumento de las gramíneas invernales productivas como *Stipa setigera* y *Poa lanigera* donde pasaron de tener una contribución del 8% en el primer año a 16 y 24% en el segundo y tercer año respectivamente. A su vez reporta el establecimiento de *Lolium multiflorum* a partir del segundo año debido al aumento de la fertilidad en los tratamientos de carga moderada y carga alta, llegando a tener una producción relevante en los periodos de invierno y primavera.

En concordancia con lo previamente señalado, Berretta (1998) señala que uno de los cambios más importantes que se observan en la vegetación es el aumento en la contribución de especies de ciclo invernal, llegando a representar estas el 63% del recubrimiento de suelo en el primer año del mejoramiento, donde *Stipa setigera* y *Poa lanigera* constituían el 41,5% del mismo.

Con respecto al componente leguminosa, Bemhaja (1998b), estudiando mejoramientos con distintas especies, entre las que se incluye *Lotus corniculatus*, menciona que el mismo presenta una buena producción llegando a distinguirse en el segundo año de evaluación y manteniéndose productivo hasta el 5to año. Aun así, debido a la gran variabilidad del régimen hídrico, para promover un buen stand de plantas a lo largo de los años, es imprescindible promover la resiembra de la especie con alivios del pastoreo a fines de primavera (Fraser et al. citados por Bemhaja, 1998b).

Risso et al. (2002), trabajando sobre suelos de cristalino con mejoramientos de Trébol blanco más *Lotus corniculatus* y Lotus Rincón, encontró resultados similares a los mencionados anteriormente en lo que

respecta a las especies gramíneas invernales productivas, las cuales muestran un aumento en la contribución posterior a la instalación de los mejoramientos. Mientras tanto las leguminosas instaladas, que hacen una importante contribución en los primeros años, hacia el tercer año del mejoramiento su contribución se empieza a ver disminuida en favor de las gramíneas tiernas y finas.

2.3.4. Sobre la calidad de la pastura

El aumento en la fertilidad del suelo provocado por la fijación biológica de N provoca una mejora en la composición vegetal, con mayor participación de especies invernales, pastos tiernos y finos. En situaciones como esta el contenido de PC de la pastura se incrementa sensiblemente (Forbes, Montossi, citados por Risso et al., 2002).

Bemhaja (1998c) encontró que el mejoramiento de campo duplicó los valores de PC del campo natural durante el período primaveral, y lo superó en 3 a 5 puntos hacia fines de verano. Dichas diferencias se explican por el efecto de la acentuada estacionalidad sobre los tejidos de las especies forrajeras (Buxton y Fales citados por Bemhaja, 1998c).

Scaglia (1995) reporta resultados similares en lo que refiere a PC estudiando mejoramientos en lomadas del este, aunque no se encontraron diferencias para los períodos de otoño e invierno debido al bajo porcentaje de leguminosas presentes en dichas épocas. Durante la primavera en cambio, el mejoramiento presentó una digestibilidad del 57% frente al 45% del campo natural, diferencia que se acentúa en el verano presentando valores de 63 y 43% de digestibilidad para el mejoramiento y testigo respectivamente.

Por otro lado, en un mejoramiento con Lotus El Rincón, Peñagaricano (1995), obtuvo valores de digestibilidad promedio de 54% y 11,8% de PC. Para ambas variables los mayores valores de las mismas se presentaron a fines de invierno-principios de primavera y los menores correspondieron al verano.

2.3.5. Sobre la producción secundaria

Correa y Alvim (1994), trabajando sobre un campo natural mejorado con Raigrás, *Lotus corniculatus* y Trébol blanco, encontraron producciones de carne muy superiores al campo natural, con ganancias medias diarias (GMD) promedio para ambos períodos de evaluación de 1,06 y 0,325 kg/día para el mejoramiento y el campo natural respectivamente.

Risso et al. (2002) evaluaron un mejoramiento con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* (TbL) y otro con *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón (Rin). En los 5 años que duró el experimento fueron capaces de engordar novillos que ingresaron con 316 kg hasta por lo menos 480 kg de PV en períodos de 285 días en promedio, lo que arroja una GMD promedio de aproximadamente 0,580 kg/an/día, con cargas promedio de 1,95 y 1,6 UG/ha para TbL y Rin respectivamente. Para el tratamiento TbL, las ganancias invernales promediaron 0,254 kg/an/día y las primaverales, en el otro extremo, 1,163 kg/an/día. En general existió una tendencia a una mayor productividad animal por unidad de área en el tratamiento TbL, con una producción promedio de 320 kgPV/ha frente a los 286 del tratamiento Rin.

Pallarés y Pizzio (1994a) mientras tanto llegaron a obtener ganancias de 201 kg/novillo/año en un mejoramiento de campo natural.

En línea con esto Garín et al. (1993), estudiando distintas presiones de pastoreo sobre un mejoramiento con *Lotus corniculatus* obtuvieron una ganancia máxima de 79,5 kg/ha correspondiente al tratamiento de 2,5 kg MS/kg PV/día en un periodo de 41 días, no encontrando diferencias significativas entre tratamientos. Por otro lado, en lo que refiere a GMD, encontraron que la misma varió en función de la OF, siendo las primeras de 0,71 y 0,49 kg/animal/día para los tratamientos de 10 y 2,5 kg MS/kg PV/día. A su vez, los autores señalan que la altura del forraje explica un 33% de la variación en la ganancia de peso maximizando esta última cuando se trabaja con 13 cm de altura.

Resultados similares fueron encontrados por Bueno et al. (2004) y por Mezzalira et al. (2006), quienes encontraron una relación positiva entre la OF y la GMD individual, trabajando con ofertas de materia seca de 1000 y 1750 Kg/ha de MS. Bueno et al. (2004) encontró producciones medias diarias de 0,282 y 0,480 kg/animal/día para el pastoreo más intenso y el más aliviado

respectivamente, no encontrando diferencias significativas en la producción por hectárea, mientras que Mezzalira et al. (2006) menciona ganancias de 0,346 y 0,217 kg/animal/día para intensidades bajas y altas de pastoreo, alcanzando una producción de 174 y 254 kg/ha respectivamente.

2.4. EFECTO DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO

Para una determinada pastura la intensidad de pastoreo es consecuencia de la oferta de forraje, la cual es una medida que relaciona la cantidad de materia seca de una pastura con la carga animal que soporta en un momento y área determinados (Allen et al., 2011), suele expresarse en kg de MS/100 kg de PV.

Los herbívoros tienen preferencias sobre algunas especies respecto a otras, y suelen frecuentar las áreas donde encuentran la pastura de mayor calidad, lo que les permite cubrir sus requerimientos alimenticios. Esto resulta en una distinta utilización de las distintas comunidades que conforman el tapiz (Mc Naughton citado por Berretta, 1995).

El desempeño de las pasturas está en gran medida condicionado por la severidad y la frecuencia de las defoliaciones, que determinan tanto a corto como a largo plazo la calidad y cantidad de forraje que serán capaces de producir (Ayala y Bermúdez, 2005).

Conway, citado por Carámbula (1996), asevera que el sistema de pastoreo se vuelve relevante en la medida que la dotación se incrementa. Con dotaciones bajas, en cambio, los pastoreos sean continuos o poco controlados no presentarán grandes desventajas respecto a pastoreos controlados.

2.4.1. Sobre la producción de forraje

El crecimiento de la pastura es mayor en la medida que la intercepción de luz solar también lo sea. Una vez dicha intercepción alcanza valores del 95 a 100%, incrementos en el área foliar resultan en un sombreado de los estratos inferiores principalmente, lo que lleva a un aumento paulatino de la ineficiencia en el uso de la luz, con un mayor porcentaje de hojas envejecidas o muertas. El pastoreo animal resulta en una interrupción y reinicio del crecimiento vegetal a partir de un área foliar menor (Millot et al., 1987).

Con la defoliación no solo se afecta el área fotosintéticamente activa, sino que también se da una reducción o detención del crecimiento radicular, lo que disminuye a su vez la capacidad del vegetal de absorber nutrientes y agua, haciéndolo más vulnerable a un período de sequía. Para que la dinámica radicular se normalice es necesario un mínimo de tejido fotosintéticamente activo y presencia de carbohidratos. De allí que un manejo del pastoreo adecuado será aquel que permita a la pastura mantener un buen nivel de reservas y a la vez, un área foliar que permita una fotosíntesis eficiente (Millot et al., 1987).

Mezzalira et al. (2012) condujeron un experimento entre abril de 2007 y marzo de 2008 en el que evaluaron entre otras cosas la producción de forraje utilizando distintas cargas animales, cuatro de los tratamientos consistieron en una oferta fija todo el año: 4, 8, 12 y 16%; y otros 3 con oferta variable: 8-12, 12-8 y 16-12%, siendo el primer valor la OF durante la primavera y el segundo la OF durante el resto del año. La mayor tasa de crecimiento observada fue 15 kg/ha/día de MS en el tratamiento 8-12%, mientras que la mínima fue 2 kg/ha/día de MS en el tratamiento 4%. En lo que refiere al forraje disponible, los autores resaltan que si bien en la medida que aumenta la OF aumenta el disponible, el salto más grande en magnitud se da entre 4%, el mínimo, y 8%. Otra de las observaciones que realizan los autores es que el pasaje de una oferta de 8% durante la primavera a 12% en las subsiguientes estaciones se tradujo en una mayor TC, incrementándose con él la producción de forraje anual.

Ayala y Bermúdez (2005), trabajando con tres niveles distintos de intensidad de defoliación (2,5; 5 y 7,5 cm) y cuatro frecuencias (30, 60, 90 y 120 días) evaluaron la producción de forraje de un campo natural sobre la unidad Alférez. Observaron que la mayor producción de forraje se dio con la intensidad máxima de defoliación, siendo la producción de este tratamiento, 3611 kg/ha/año de MS, un 16% superior a la intensidad mínima en el promedio de los 5 años que duró el experimento. En lo que refiere a la frecuencia de la defoliación, encontraron que la producción se incrementó conforme aumentó el intervalo de corte hasta los 90 días, para luego volver a caer debido al sombreado y envejecimiento de la pastura que ocurre con frecuencias de corte de 120 días.

Las observaciones previas están en línea con lo señalado por Deregibus et al. citados por Zanoniani (2009), quienes sostienen que defoliaciones severas promueven un mayor macollaje, ya que las plantas utilizan la calidad de la luz (relación Rojo/Rojo Lejano) interceptada como un indicador de la cobertura del suelo. Junto con otros factores como la disponibilidad de agua y nutrientes, la calidad de la luz tiende a regular el proceso de macollaje, favoreciéndolo cuando la luz es de buena calidad. Bajo este entendido, pastoreos más intensos tenderán a favorecer la entrada de luz a los estratos más bajos del tapiz y promoverán un mayor macollaje, vigor y calidad de la pastura.

2.4.2. Sobre la composición botánica

La intensidad y frecuencia de defoliación tiene efectos sobre la composición de la pastura, así como de la relación verde/seco y el área de suelo desnudo (Ayala y Bermúdez, 2005).

Manejos del pastoreo más aliviados incrementan el aporte de las gramíneas, especialmente las de porte erecto, pero a su vez su calidad se empobrece rápidamente cuando los descansos son muy largos. Por el contrario, pastoreos intensos favorecen a los pastos de porte rastrero, que son capaces de retener suficiente tejido fotosintético por debajo del horizonte de pastoreo animal como para posibilitar el rebrote (Heady y Child citados por Ayala y Bermúdez, 2005).

Pasturas naturales en sistemas de pastoreo continuo, en la medida que la dotación se incrementa por encima de las 0,8 UG/ha, empiezan a sufrir cambios en su conformación, en especial por un aumento de las hierbas enanas y pastos de porte bajo, estoloníferos. Además, relaciones lanar/vacuno de 5 a 1 favorecen la sustitución de especies más productivas por otras menos productivas, y de especies cespitosas como *Paspalum plicatulum*, *Andropogon ternatus* y cola de lagarto, por especies de bajo porte como *Chevreulia sarmentosa*, *Paspalum notatum* y *Trifolium polymorphum*, al mismo tiempo que se observa un deterioro en el número de especies componentes de la pastura (Berretta, 1995).

En condiciones de pastoreo rotativo con descansos, y dotaciones de 1 UG/ha, distintas relaciones lanar/vacuno provocan cambios de menor magnitud en la conformación de la pastura. En este caso son las especies cespitosas las

que dominan el tapiz, reduciendo la participación de las especies de bajo porte y arrosetadas. Descansos excesivos podrían provocar el aumento de pastos tierno - ordinarios como *Paspalum plicatulum*, *Andropogon ternatus*, *Aristida uruguayensis* y *Schizachyrium spicatum* (Berretta, 1995).

Boggiano et al. (2005), evaluando el efecto de distintos niveles de N y distintas OF durante el período invernal, observaron que la contribución de las gramíneas invernales se vio favorecida con dosis de N de hasta 150 kg/ha por un lado, así como también por OF elevadas por otro. Señalan los autores que para lograr una relación invernal/estival igual a 1, sería necesario mantener una OF del 11% que podría significar una reducción muy grande en la carga del predio, o de lo contrario, combinar fertilizaciones nitrogenadas con OF intermedias que permitirían lograr el mismo resultado, resultado que estaría en parte explicado por el aumento del aporte de especies como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*.

Ayala y Bermúdez (2005) trabajando con distintas frecuencias de pastoreo e intensidades de defoliación, encontraron que en la medida que esta última variable se intensifica se incrementa levemente el área de suelo desnudo, lo que provoca un aumento de las hierbas enanas, las cuales son consideradas como un síntoma de degradación. Estos pastoreos intensos favorecen el desarrollo de pastos postrados, que mantienen sus puntos de crecimiento próximos al suelo. Contrariamente, pastoreos más aliviados permiten aumentar la contribución de las gramíneas, y dentro de este grupo particularmente a aquellas de porte más erecto.

Berretta (2005b) evaluó el efecto de distintas dotaciones, métodos de pastoreo y relaciones lanar/vacuno sobre la composición botánica. Descansos de 60 días tendieron a acumular hojas secas de especies ordinarias como *Paspalum plicatulum* y *Schizachyrium spicatum*, que no son apetecidas por el ganado, tendencia que no cambió hasta que se presentó una sequía, pero que volvió a reiniciarse luego de la misma. Cuando se incrementa la relación L/V de 2:1 a 5:1 y se pasa de pastoreo rotativo a continuo, las especies previamente mencionadas mantienen o reducen su participación, mientras que en cambio *Paspalum notatum* la incrementa. Las hojas secas tienden como en el caso previo a acumularse hasta la sequía, pero luego de esta no se reinicia esa tendencia.

Cuando la dotación supera la capacidad de carga, señala el autor anterior, se produce un cambio hacia una comunidad menos productiva, explicado por una reducción en la dominancia de especies cespitosas en favor de especies arrosetadas y de bajo porte. *Paspalum notatum* incrementa su frecuencia en pastoreos continuos con dotaciones altas, y cuando su participación se ve reducida en cambio, es por períodos de descanso muy prolongados. Pastos ordinarios que acumulan hojas secas con rapidez y reducen su palatabilidad, por lo que el ganado deja de preferirlos y obstaculizan la llegada de la luz al estrato más bajo donde se desarrolla dicha especie.

2.4.3. Sobre la producción secundaria

Soares et al. (2005), trabajando en pastoreo continuo con carga variable en Rio Grande do Sul, evaluaron el efecto de tres intensidades de pastoreo distintas sobre la ganancia animal. El experimento constó de 3 tratamientos con OF fija: 8, 12 y 16%, y otros 3 en los que la OF varió según la época del año, siendo 8% durante la primavera y 12% el resto de las estaciones para el primer tratamiento (8%-12%), 12% en primavera y 8 el resto del año para el segundo (12%-8%) y 16% en primavera, 12% el resto del año para el tercero (16%-12%).

Los autores no observaron una interacción entre la OF y las estaciones del año, pero sí diferencias entre estaciones, siendo las ganancias medias diarias de 0,735; 0,535; 0,086 y -0,046 kg/animal/día para primavera, verano, otoño e invierno respectivamente. El tratamiento de 12% fijo y 8-12% mostraron las mayores GMD durante el invierno, durante el otoño en cambio no se registraron diferencias significativas en los tratamientos. En invierno, el tratamiento 8-12% mostró un mejor desempeño animal respecto a los demás, los autores atribuyen esta diferencia a la calidad superior del forraje, ya que el tratamiento 12% fijo, que manejó la misma oferta durante el período, resultó en la pérdida de peso de los animales (-0,086 kg/animal/día frente a 0,178 kg/animal/día del tratamiento 8-12%). En verano es también 8-12% el tratamiento que mejor ganancia presenta.

Setelich, citada por Soares et al. (2005), observó en cambio una respuesta cuadrática a la OF durante el período primaveral, con un máximo de 0,674 kg/animal/día alcanzado con una oferta de forraje del 12,8%, es la ganancia durante este período también la mayor del año. En cambio, mientras que para Soares et al. (2005) la mayor GMD se da claramente con OF

intermedias durante el período de verano y otoño, para Setelich el cambio en la OF no evidencia grandes cambios en la GMD.

Fonseca do Amaral et al. (2008) realizaron un trabajo similar al citado anteriormente y observaron que la oferta de forraje variable a lo largo del año incrementó la producción animal en un 30% en relación al manejo de OF con mejor desempeño animal.

Boggiano et al. (2000), trabajando con distintas OF y niveles de fertilización nitrogenada, observó que la materia seca verde desaparecida, entendida como porcentaje del peso vivo animal (MSVDes%PV), dependió más de la OF que de la dosis de N. Observaron también que, como resultado de la baja en la OF, además de un aumento de la carga media diaria, se dio una reducción en la MSVDes%PV. En sentido opuesto, un aumento en la MSVDes%PV logrado mediante una suba de la OF, permitiría al animal seleccionar una dieta de mayor valor nutritivo.

Pallarés y Pizzio (1994b) evaluaron la ganancia de peso individual con tres cargas distintas: 0,83; 1,13 y 1,48 vaquillonas/ha/año. Observaron grandes diferencias entre años, la variación en la carga alta fue especialmente importante, observándose una caída brusca en la ganancia en años en que las condiciones climáticas fueron adversas. Trabajando con diferentes cargas de novillos (0,8; 1,06 y 1,33 nov/ha/año) durante 10 años, observaron siempre una relación inversa entre carga y desempeño individual; siendo las diferencias significativas en 7 de esos 10 años, así como en el promedio global. La carga alta mostró también una importante variación en las ganancias de peso, que estuvieron ligadas a las condiciones climáticas.

Pasando de la ganancia individual a la ganancia por hectárea, los autores del experimento previo sostienen que usualmente hay una correlación positiva entre el aumento de carga y la ganancia por hectárea, aunque puede ocurrir que manteniendo altas cargas la mayor productividad ocurra con cargas menores. Así lo observaron en 4 de los 9 años de su estudio con vaquillonas, donde las ganancias máximas por hectárea se dieron con cargas intermedias. Con novillos en un período de 10 años observaron algo similar, cayendo la producción de la carga alta por debajo de la carga media en los últimos años del experimento. En ambos ensayos la variación de la producción de carne aumentó con el aumento de la carga.

2.5. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

La incorporación de leguminosas y la fertilización del campo natural aumentarán la producción de forraje del mismo.

El incremento en la producción de forraje aumentará la capacidad de carga.

Los mejoramientos con leguminosas y fósforo presentarán desempeños animales individuales superiores a los demás tratamientos.

La incorporación de leguminosas y la fertilización del campo natural promoverá un incremento de especies de tipos productivos finos y tiernos.

La utilización de la fertilización nitrogenada continuada a través del tiempo promoverá una anualización del tapiz vegetal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1. Ubicación del sitio experimental

El experimento se realizó en el potrero 18 de la Estación Experimental Mario Alcides Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Universidad de la República, ubicada en el km 363 de la Ruta Nacional N°3 General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9'' latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 m s. n. m.).

El experimento se llevó a cabo entre el 12 de octubre de 2017 y el 18 de abril de 2018, dicho período fue dividido en 3 estaciones: Primavera (del 12/10 al 26/12), verano (del 26/12 al 19/2) y otoño (del 19/2 al 18/4).

El clima del lugar es templado, con una temperatura media anual que ronda los 18°C, y una precipitación promedio anual de 1200 mm. El régimen de lluvias es isohigro con una gran variabilidad interanual, pudiéndose dar situaciones de exceso o déficit hídrico en cualquier momento del año. Por estas características el sitio experimental es clasificado como de tipo Cfa (Inumet, 2022).

3.1.2. Características del sitio experimental

3.1.2.1. Suelos

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000, el área experimental se sitúa sobre suelos de la unidad San Manuel, desarrollados sobre Formación Fray Bentos (Bossi et al., 1975). Los mismos son Brunosoles Éutricos Típicos, asociados a Solonetz y Brunosoles Éutricos Lúvicos (Altamirano et al., 1976).

3.1.2.2. Vegetación

La vegetación se puede clasificar en 3 estratos bien definidos: alto, medio y bajo. En el estrato alto se observa una vegetación arbórea típica de monte parque, constituida fundamentalmente por *Acacia caven* y *Prosopis affinis*. En el estrato medio se encuentran especies subarborescentes como

Baccharis trimera, *Baccharis coridifolia*, *Eryngium horridum* y ejemplares jóvenes de *Acacia caven*. El estrato bajo mientras tanto está compuesto fundamentalmente por gramíneas, en su mayoría estivales como *Paspalum notatum*, *Bothriochloa laguroides* y *Setaria geniculata*, con presencia de invernales como *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides* y *Bromus auleticus*. Asociadas a estas se encuentran graminoides, leguminosas y hierbas enanas.

Según Zanoniani (2009), el área experimental tiene más de 20 años siendo destinada a la cría vacuna, manteniéndose el tapiz como un campo virgen, hecho que se constata por la presencia de especies como *Dorstenia brasiliensis* y *Geranium albicans* que así caracterizan este tipo de campo (Rosengurtt, 1979).

3.1.3. Descripción de los tratamientos

Debido a la historia de fertilización del área experimental, se considerarán 2 experimentos.

El experimento 1 consiste de 4 tratamientos: 1- Campo natural sin intervención (CN); 2- campo natural con incorporación de 8 kg/ha de *Trifolium pratense* cv LE116 y 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cv El Matrero + 40 kg/ha de P₂O₅ (CNM); 3- Campo natural con fertilizaciones anuales de 60 kg/ha/año de N y 40 kg/ha de P₂O₅ (N60); 4- Campo natural con fertilizaciones anuales de 120 kg/ha/año de N y 40 kg/ha de P₂O₅ (N120). Dichos tratamientos se llevaron a cabo en los bloques 1 al 4.

Las fertilizaciones nitrogenadas fueron fraccionadas en dos aplicaciones, una mitad en otoño y otra a fines de invierno, mientras que la fertilización fosfatada se realizó en otoño, en una única aplicación anual. La siembra de *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* se hizo en cobertura en setiembre de 2014 (Gallinal et al., 2016) con una posterior resiembra en mayo de 2015.¹

El experimento 2 mientras tanto, se llevó adelante en el bloque 5 en un área con historia previa de fertilización con N y P, y consistió en repeticiones del tratamiento N60 y N120 del experimento 1.

¹ Boggiano, P. 2022. Com. personal.

3.1.4. Diseño experimental

Para ambos experimentos se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), constando el experimento 1 de cuatro repeticiones y el experimento 2, de dos.

El experimento 1 corresponde a los bloques 1, 2, 3 y 4, y dentro de cada uno se asignó aleatoriamente la distribución de los tratamientos.

El área promedio de cada parcela fue de 0,72; 0,71; 0,26 y 0,26 has para CN, CNM, N60 y N120 respectivamente, totalizando un área de 7,86 hectáreas.

El experimento 2 se llevó a cabo en dos bloques, dentro de los cuales se asignó aleatoriamente la repetición correspondiente de los tratamientos N60 y N120. Cada parcela en este bloque tuvo un área de 0,28 ha, que hacen a un total de 2,22 has.

Figura 1 Croquis del área experimental.

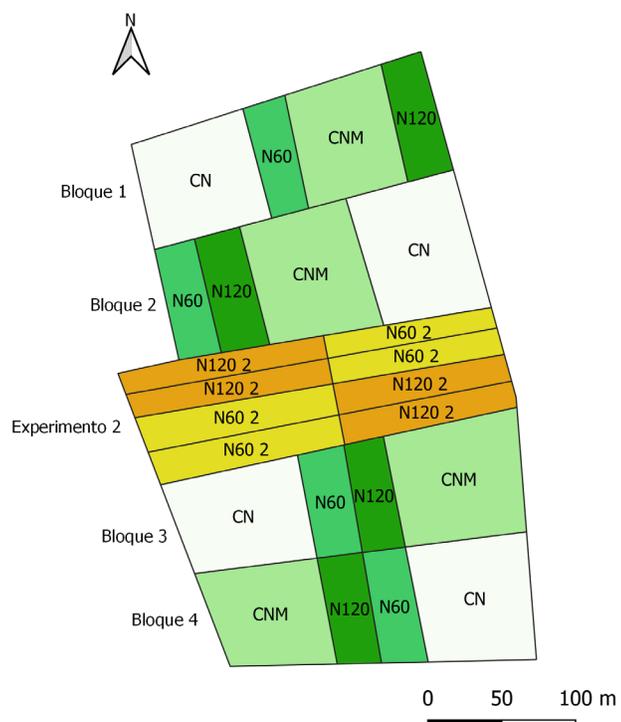
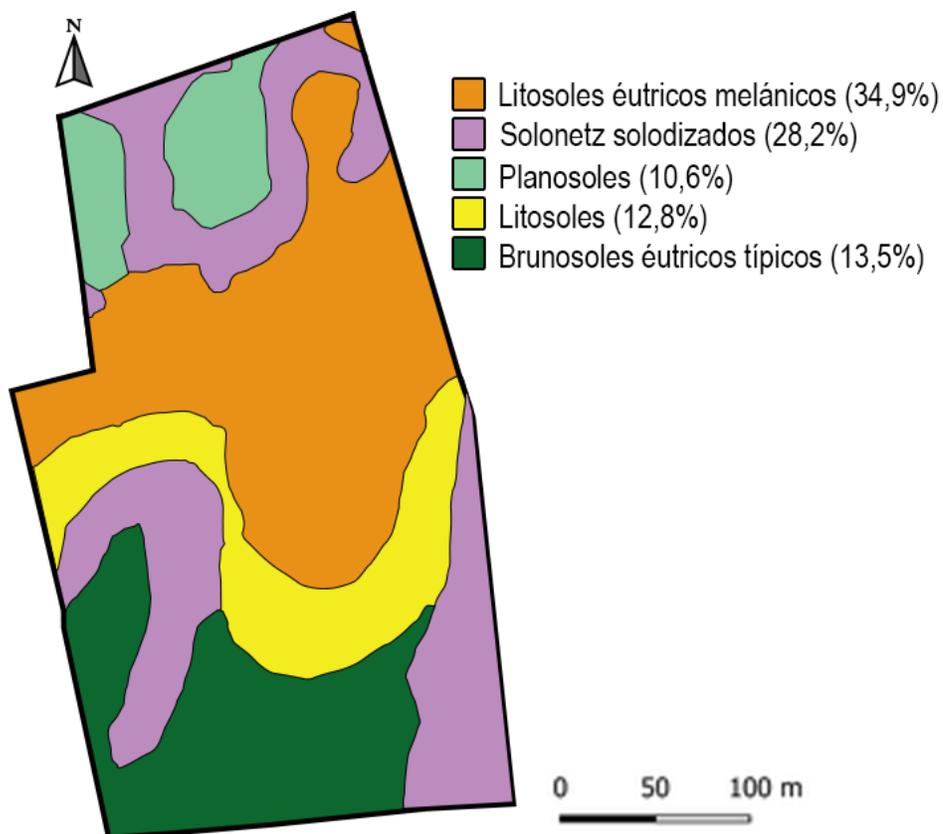


Figura 2 Tipos de suelo dentro del área experimental.



3.1.5. Animales experimentales

El experimento se llevó a cabo utilizando novillos de raza Holando de 2-3 años de edad. El peso promedio al inicio del experimento fue de 322 kg en el experimento 1 y de 372 kg en el experimento 2.

Los animales fueron asignados aleatoriamente a los tratamientos y a fin de evitar problemas sanitarios fueron desparasitados al inicio y durante el experimento.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. Manejo del pastoreo

El pastoreo se manejó de forma rotativa, con carga variable a fin de mantener la OF constante. Para lograr dicho fin se utilizaron animales fijos o “tester” que permanecieron siempre en el experimento, y animales “volantes” que entraban o salían del experimento según fuera necesario según el método “put and take”.

Los ciclos de pastoreo tuvieron en promedio 50 días de duración, siendo dentro de los mismos 13 días de ocupación y 37 de descanso.

3.2.2. Determinaciones relativas a la producción primaria

3.2.2.1. Materia seca presente

Para determinar esta variable se utilizó el método de doble muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975), acompañado por el método Botanal (Tothill et al., 1992) para estimar la contribución de las distintas especies al total de materia seca. Las medidas se realizaron previo a la entrada de los animales a las parcelas (materia seca presente pre pastoreo) y luego de su salida (materia seca remanente).

El doble muestreo visual consistió en una primera etapa de recorrer la parcela para determinar las zonas con más y menos forraje para luego definir una escala de 5 puntos donde 1 fuera la disponibilidad de forraje mínima y 5 la máxima. Se utilizó la misma escala para muestrear CN y CNM por un lado, otra diferente para los tratamientos N60 y N120 del experimento 1 y 2 conjuntamente, y finalmente una escala única para los remanentes de todos los tratamientos de ambos experimentos.

Con la escala correspondiente ya definida se procedió a realizar un muestreo sistemático de cada parcela con un aro de 37,4 cm de diámetro, asignándole a cada muestra un valor en la escala de 5 puntos y un valor de altura de la pastura en su punto de máxima densidad de hojas, además de estimar el aporte al total de MS disponible de grupos de especies o fracciones previamente definidas.

Una vez finalizado el muestreo, utilizando los mismos aros se realizaron cortes a 1 cm de altura de cada uno de los puntos de la escala en los grupos de tratamientos, para los dos grupos de disponibles se hicieron 2 cortes por punto en la escala y para el grupo de remanentes, 3 cortes. Cada una de las muestras se identificó con el nombre del tratamiento, altura y si se trataba de disponible o remanente, se llevaron a laboratorio donde se midió su peso fresco y se colocaron en estufa de aire forzado a 60°C por 72 horas para luego ser pesadas nuevamente y estimar el forraje disponible por hectárea.

Con los datos de peso seco se realizaron regresiones lineales para altura y escala y se seleccionó la variable que arrojó un mayor coeficiente de determinación (R^2). Con los valores de los coeficientes a y b se procedió a ingresarlos en la planilla Botanal para así conocer cuánto contribuyó cada grupo de especies al total de materia seca en la parcela.

3.2.2.2. Materia seca producida

La materia seca producida (MSProd) es la totalidad de forraje producido durante un ciclo de pastoreo. Para ello se deduce de la materia seca presente previo al pastoreo la materia seca del remanente del pastoreo anterior y se le suma a dicho valor el producto de los días de ocupación por la TC.

3.2.2.3. Tasa de crecimiento diaria

La tasa de crecimiento diaria (TC) se calcula como el cociente entre la materia seca acumulada durante el período de descanso (materia seca presente pre pastoreo menos la materia seca presente en el remanente anterior), dividido por el número de días de descanso correspondientes.

3.2.2.4. Materia seca disponible

La materia seca disponible (MSD) corresponde al forraje presente al inicio del pastoreo de la parcela sumado al producto de la TC por los días de ocupación correspondientes.

3.2.2.5. Materia seca remanente.

La materia seca remanente (MSR) es la materia seca presente posterior al pastoreo.

3.2.2.6. Altura de forraje disponible y remanente

La altura de forraje disponible (AltD) y remanente (AltR) surgieron del promedio de alturas muestreadas dentro de cada parcela. Se tomaron, en base al tamaño de parcela, 160 medidas en CN y CNM y 80 en N60 y N120. La altura de la pastura se registró considerando la hoja verde más alta que contactaba con una regla milimetrada. No se consideraron las hojas sobre las cañas de las inflorescencias.

3.2.2.7. Materia seca desaparecida

La materia seca desaparecida (MSDes) se calculó como la diferencia entre la MSD y la MSR al final de la ocupación.

La MSDes expresada como porcentaje (Des.) se calculó como $(MSDes/MSD) * 100$.

3.2.3. Determinaciones relativas a la composición botánica

Para determinar la composición botánica se fijaron previamente grupos de especies tomando en cuenta su taxonomía, ciclo de producción y tipo productivo, a fin de hacer un uso efectivo del método Botanal (Tothill et al., 1992). Los grupos fijados fueron: 1- Gramíneas anuales invernales tiernas y finas; 2- Gramíneas anuales invernales ordinarias y duras; 3- Gramíneas perennes invernales tiernas y finas; 4- Gramíneas anuales estivales tiernas y finas; 5- Gramíneas anuales estivales ordinarias y duras; 6- Gramíneas perennes estivales tiernas y finas; 7- Gramíneas perennes estivales ordinarias y duras; 8- Hierbas; 9- Restos secos; 10- Cardos; 11- Graminoides; 12- Leguminosas. Para estimar la contribución de cada uno de los grupos al total de MSD fue utilizado el ranking de Tothill (1978).

Se estimó también en cada muestra el porcentaje de suelo descubierto (SD) y de malezas de campo sucio (MCS).

3.2.4. Determinaciones relativas a la producción secundaria

3.2.4.1. Carga media

La carga media (CM) se calculó como el cociente de los kg de PV totales por cada tratamiento sobre el área total del mismo en el experimento. Para la carga instantánea (CI) en cambio, se dividió sobre el área de la parcela.

3.2.4.2. Peso vivo

El peso vivo (PV) se determinó a través de pesadas con balanza electrónica cada aproximadamente 30 días, los animales eran encerrados la tarde-noche anterior para ser pesados desbastados a la mañana siguiente.

3.2.4.3. Ganancia media diaria individual y por hectárea

La ganancia media diaria individual (GMD) se estimó para el período, así como para el total del experimento. Se calculó como la diferencia entre peso final menos inicial para cada animal dividido por el número de días correspondientes al período.

3.2.4.4. Oferta de forraje

La oferta de forraje se calculó en relación a los kg de MSD, los días de ocupación de la parcela y la OF objetivo. Realizadas las determinaciones propias de la pastura, se ajustaron los kg de PV en la parcela agregando o sacando animales volantes según correspondiese.

3.3 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

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

3.4 MODELO ESTADÍSTICO

3.4.1. Modelo estadístico de la pastura

El modelo experimental corresponde a un DBCA, representado como:

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

Siendo:

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

Se realizó un análisis de varianza entre tratamientos y se utilizó el test de Tukey con probabilidad de 5 o 10% como método de comparación. Además, dentro del experimento 2 se realizaron contrastes ortogonales para evaluar el efecto de la historia de fertilización y dosis nitrogenada entre los tratamientos.

3.4.2. Modelo estadístico animal

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

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

Siendo:

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

Se utilizó el test de Tukey con probabilidad del 5% como método de comparación, a su vez para el experimento 2 se realizaron contrastes ortogonales para observar si existió efecto de la historia de fertilización.

3.4.3. Análisis por contrastes ortogonales

Para el experimento 2 se utilizaron contrastes ortogonales para evaluar el efecto de la historia de fertilización y el de la dosis nitrogenada:

i. ¿Hay efecto de la historia de fertilización con N?

H_0 : No hay efecto de la historia de fertilización con N.

H_a : Sí hay efecto de la historia de fertilización con N.

$H_0: \beta_{exp1} = \beta_{exp2} \Leftrightarrow H_b: \beta_{exp1} - \beta_{exp2} = 0$

$H_a: \beta_{exp1} \neq \beta_{exp2} \Leftrightarrow H_a: \beta_{exp1} - \beta_{exp2} \neq 0$

ii. ¿Hay efecto de la dosis de N utilizada?

H_0 : No hay efecto de la dosis de N utilizada.

H_a : Sí hay efecto de la dosis de N utilizada.

H_0 : $T_{N60} + N_{60-2} = T_{N120} + N_{120-2} \Leftrightarrow H_b$: $T_{N60} + N_{60-2} - T_{N120} + N_{120-2} = 0$

H_a : $T_{N60} + N_{60-2} \neq T_{N120} + N_{120-2} \Leftrightarrow H_b$: $T_{N60} + N_{60-2} - T_{N120} + N_{120-2} \neq 0$

N60 y N120 hacen referencia a tratamientos del experimento 1, N60-2 y N120-2 hacen referencia a tratamientos del experimento 2.

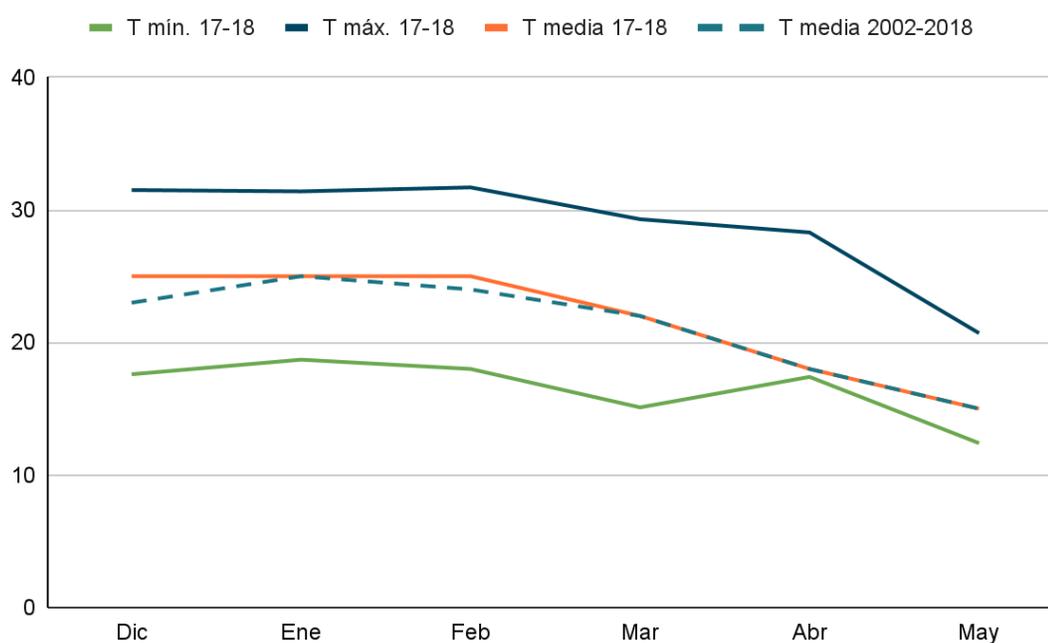
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1. Temperatura

En la siguiente figura se muestra la temperatura máxima, media y mínima mensual durante el período experimental, además de la temperatura media promedio histórico desde 2002 a 2018.

Figura 3 Temperatura máxima, media y mínima desde diciembre de 2017 hasta mayo de 2018 y la media de dichos meses para el período 2002-2018 en grados Celsius (°C).

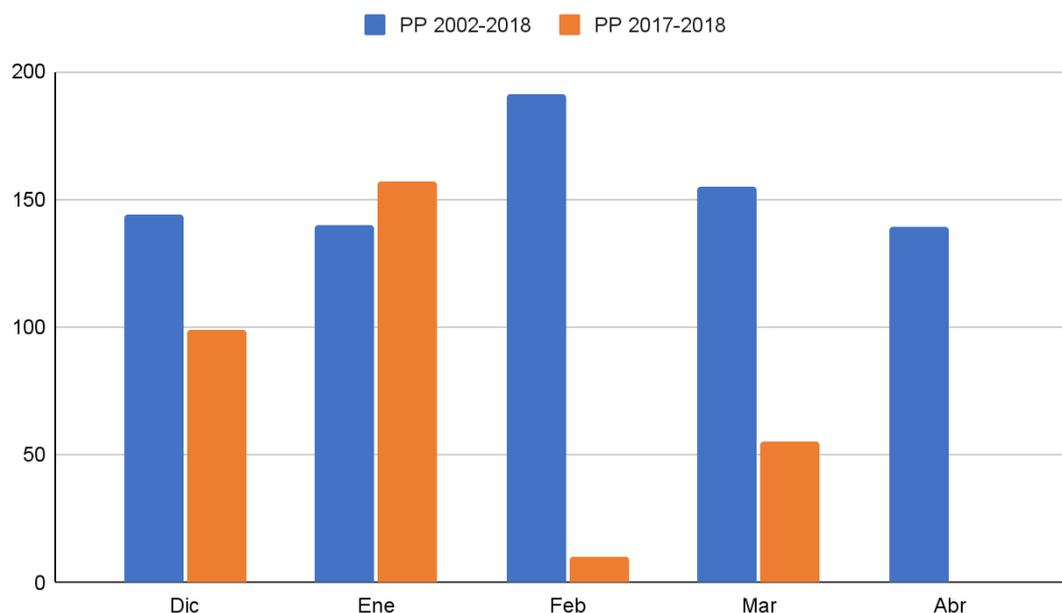


Como se puede observar en la figura, las temperaturas durante el período de estudio no presentaron grandes diferencias respecto a la serie histórica durante los mismos meses.

4.1.2. Precipitaciones

Como se puede observar en la figura No. 4, las lluvias durante los meses de diciembre y febrero y marzo fueron menores al promedio histórico, mientras que los datos desde la segunda quincena de marzo en adelante no pudieron ser recabados porque la estación meteorológica de la EEMAC estuvo fuera de funcionamiento.

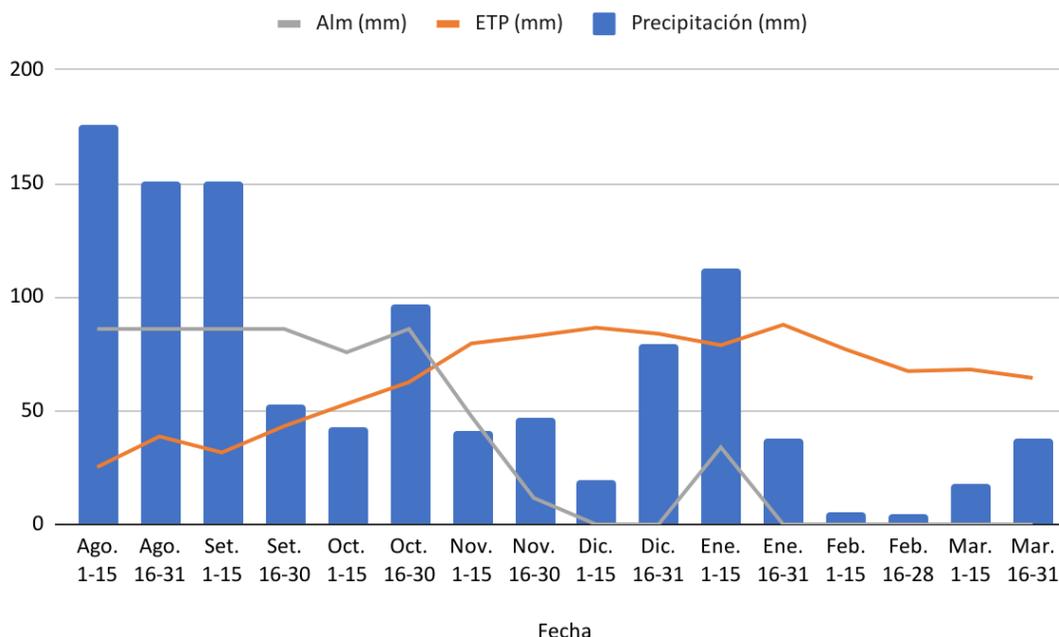
Figura 4 Precipitación mensual durante el período de estudio y promedio histórico para el mismo período en milímetros (mm).



4.1.3. Balance hídrico

Haciendo uso del registro de precipitaciones y evapotranspiración potencial (ETP) se construyó el balance hídrico para el período 1 de agosto de 2017 - 15 de marzo 2018, con estos datos y sabiendo que se trata de suelos CONEAT 11.3 que son capaces de retener 86 mm de agua potencialmente disponible se calcularon las fluctuaciones de agua dentro del suelo, identificándose períodos de exceso y déficit hídrico dentro del período en estudio.

Figura 5 Evolución del agua almacenada en el suelo (Alm), precipitación y evapotranspiración mensuales y períodos de déficit y exceso hídrico desde el 1 de agosto de 2017 al 15 de marzo de 2018



Se observa un período de exceso hídrico desde agosto hasta fines de octubre con una breve interrupción durante la primera quincena de octubre. A su vez períodos de déficit hídrico desde noviembre hasta fines de marzo con una breve acumulación de agua disponible en el perfil durante el mes de enero. Si bien el experimento prosiguió hasta mediados de abril, la información meteorológica de los últimos 30 días no pudo ser recabada por lo expuesto anteriormente.

4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1

Dentro de esta sección se analizarán los efectos de los distintos tratamientos sobre la producción primaria, secundaria y la composición botánica del forraje disponible para la totalidad del período de estudio.

4.2.1. Producción primaria

4.2.1.1. Total del período

Para el total del período de estudio los tratamientos N60 y N120 difirieron significativamente del testigo CN para MSProd y TC, mientras que CNM mostró efectos intermedios entre los tratamientos con N y el testigo, no difiriendo significativamente de ninguno de ellos (Tabla No. 1).

Tabla 1 Efecto de los distintos tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del período.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	2877 B	18,8 B
CNM	3318 AB	21,7 AB
N60	3648 A	23,9 A
N120	3568 A	23,4 A

Medias con letra distinta difieren significativamente entre sí ($p < 0,05$).

El incremento del 15% en ambas variables por efecto de la incorporación de leguminosas además de no ser significativo respecto al testigo, se encuentra muy por debajo de los valores que reportan por ejemplo Bemhaja (1998c), Berretta (1998) y Risso et al. (2002) especialmente para la TC.

Por otro lado, los tratamientos nitrogenados muestran un incremento del 27% para ambas variables respecto al testigo. El efecto positivo que tuvo la fertilización con N sobre ambas variables es coherente con lo reportado por Burgos (1974), Ayala y Carámbula (1994), Correa et al. (2004), Berretta (2005b) y Rodríguez Palma et al. (2009) entre otros.

4.2.1.2. Primavera

Durante el período primaveral no se observaron diferencias en MSProd ($\bar{x}=1012$ kg/ha, $p=0,17$) ni TC ($\bar{x}=22,4$ kg/ha/día, $p=0,17$) entre tratamientos (Tabla No. 2).

Tabla 2 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y tasa de crecimiento diaria (TC) para el período primaveral.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	755	16,9
CNM	980	22,0
N60	1117	24,9
N120	1195	26,6

Medias con letra distinta difieren significativamente entre sí ($p < 0,05$).

Sin embargo, se debe señalar que los valores de los tratamientos nitrogenados fueron un 52% superiores al testigo, muy por debajo del 100% de incremento observado por Duhalde y Silveira (2018), pero de similar magnitud al 46% observado por Rodríguez Palma et al. (2009) para el mismo período de estudio.

Es de esperar que el déficit hídrico experimentado por el tapiz vegetal hacia fines de este período haya tenido un efecto importante sobre el crecimiento, lo que explicaría por ejemplo las diferencias observadas por Duhalde y Silveira (2018) quienes para el mismo período obtuvieron TC de 39 kg/ha/día para los tratamientos nitrogenados, frente a los 26 kg/ha/días aquí observados.

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas durante el período para MSD ($\bar{x}=3624$ kg/ha, $p=0,41$), AltD ($\bar{x}=12,7$ cm, $p=0,56$), MSR ($\bar{x}=2269$ kg/ha, $p=0,72$), AltR ($\bar{x}=10,7$ cm, $p=0,64$), MSDes ($\bar{x}=1776$ kg/ha, $p=0,30$) ni Des. ($\bar{x}=44,6\%$, $p=0,22$, Tabla No. 3).

Tabla 3 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje de desaparecido (Des.) para el período primaveral

Trat.	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
CN	3345	12,4	2415	11,0	1236	33,8
CNM	3547	13,3	2271	10,3	1527	41,1
N60	3688	12,6	2243	10,4	2209	55,9
N120	3918	12,5	2148	11,1	1994	47,7

Medidas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

Aunque no se encontraron diferencias significativas, se puede señalar una tendencia al incremento de la MSD con el aumento de la dosis nitrogenada, que para el caso de N120 llega a ser 17% superior al testigo, lo cual podría estar explicado por la fertilización otoñal que permitiría un mejor macollaje de las pasturas durante el invierno y consecuentemente un mejor desempeño de las mismas durante la primavera, tal como lo señalan Ayala y Carámbula (1994).

Lubertiaga y Robuschi (2019) tampoco encontraron diferencias significativas en MSD y MSR para el mismo período. En cambio, Duhalde y Silveira (2018) sí registraron un incremento de la MSD con el incremento de la dosis nitrogenada, observándose diferencias significativas entre el testigo sin fertilizar y el tratamiento fertilizado con 120 unidades de N. El estrés hídrico que se fue intensificando con el transcurso del período podría estar explicando la ausencia de diferencias significativas para los tratamientos nitrogenados.

4.2.1.3. Verano

En forma similar a los ocurrido en la primavera, no se observaron diferencias significativas en MSProd ($\bar{x}=1167$ kg/ha, $p=0,45$) ni en TC ($\bar{x}=23,9$ kg/ha/día, $p=0,59$) entre tratamientos en el verano (Tabla No. 4).

Tabla 4 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para el período de verano.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	1016	20,4
CNM	1111	22,6
N60	1346	28,1
N120	1193	24,5

Medidas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

Estos resultados son concordantes con lo observado por Gallinal et al. (2016) quienes tampoco encontraron diferencias para dichas variables durante el mismo período. Rodríguez Palma et al. (2009) en cambio sí observaron incrementos del orden del 15% durante el verano con la fertilización nitrogenada, los cuales son de magnitud similar a los observados en este experimento, pero donde las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas, probablemente por el elevado coeficiente de variación que presentan los resultados (31,8 y 42,1% para MSProd y TC respectivamente).

Por otra parte, no se observaron diferencias significativas para MSD ($\bar{x}=3110$ kg/ha, $p=0,93$), AltD ($\bar{x}=12,5$ cm, $p=0,34$), MSR ($\bar{x}=1529$ kg MS/ha, $p=0,74$) ni AltR ($\bar{x}=7,4$ cm, $p=0,26$), MSDes ($\bar{x}=1717$ kg/ha, $p=0,14$) ni el porcentaje de desaparecido ($\bar{x}=53,2\%$, $p=0,38$, Tabla No. 5).

Tabla 5 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje de desaparecido (Des.) para el período de verano

Trat.	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
CN	3080	13,1	1713	8,1	1428	45,7
CNM	3012	12,6	1549	7,4	1613	51,3
N60	3181	12,0	1442	6,9	1877	57,0
N120	3167	12,2	1412	7,2	1950	58,7

Medidas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

Gallinal et al. (2016) tampoco observaron diferencias para ninguna de estas variables durante el mismo período, manteniéndose los valores de estas dentro de rangos similares, a excepción de MSDes y Des., que en este caso presentaron valores considerablemente mayores. Esta discrepancia podría estar explicada por una alta tasa de senescencia, considerando los altos disponibles y más aún considerando el alto porcentaje de gramíneas anuales invernales que componen estos tapices. En los tratamientos nitrogenados, que soportaron cargas 100% superiores a sus contrapartes no nitrogenadas, el consumo animal debería estar explicando en mayor medida estos valores, mientras que en CN y CNM lo harían factores relacionados fundamentalmente a la pastura y efectos animales ajenos al consumo (Stuth y Chmielewski, 1981).

4.2.1.4. Otoño

De la misma forma que en verano y primavera, no se observaron diferencias significativas en MSProd (\bar{x} =1157 kg/ha, p =0,39) ni TC (\bar{x} =20,0 kg/ha/día, p =0,39) para el período otoñal (Tabla No. 6).

Tabla 6 Efecto de los distintos tratamientos sobre la materia seca producida (MSProd) y la tasa de crecimiento (TC) para período otoñal.

Tratamiento	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
CN	1030	17,7
CNM	1202	20,8
N60	1138	19,7
N120	1259	21,8

Medidas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

Estos resultados concuerdan con lo observado por Gallinal et al. (2016) quienes reportan una TC promedio entre tratamientos de 19,3 kg MS/ha/día, y con Rodríguez Palma et al. (2009), quienes no encontraron diferencias con la aplicación de N respecto al testigo sin fertilizar para estas variables durante el otoño.

Así mismo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para MSD (\bar{x} =2112 kg/ha, p =0,07), AltD (\bar{x} =8,6 cm, p =0,33), MSR (\bar{x} =1285

kg/ha, $p=0,39$), AltR ($\bar{x}=4,7$ cm, $p=0,62$), MSDes ($\bar{x}=1094$ kg/ha, $p=0,07$) ni Des ($\bar{x}=44,9\%$, $p=0,29$, Tabla No. 7).

Tabla 7 Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), materia seca desaparecida (MSDes) y porcentaje de desaparecido (Des.) para el período otoñal

Trat.	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)	MSDes (kg/ha)	Des. (%)
CN	2358	9,0	1394	5,2	1228	47,5
CNM	2315	8,7	1280	4,7	1293	50,3
N60	1804	8,0	1247	4,5	850	43,3
N120	1972	8,7	1220	4,4	1006	38,3

Medidas con letras distintas difieren significativamente ($p<0,05$).

A pesar de no ser significativas las diferencias para MSD, se puede observar que en promedio los tratamientos nitrogenados presentaron una MSD un 19% por debajo de la de CN y CNM. La oferta de forraje puede haber sido una de las responsables de este matiz, ya que los períodos anteriores los tratamientos nitrogenados soportaron cargas 100% superiores a las de CN y CNM.

4.2.2. Composición botánica

4.2.2.1. Primavera

No se observaron diferencias significativas para GPI T/F ($\bar{x}=20,4\%$, $p=0,36$) ni RS ($\bar{x}=6,5\%$, $p=0,54$). Para Leg. y C mientras tanto, el muestreo no recabó los suficientes datos para realizar el análisis de varianza correspondiente (Tabla No. 8).

Tabla 8 Contribución porcentual al forraje disponible total de las gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según tratamiento para el período primaveral

Trat.	GIT (%)	GET (%)	GPI T/F (%)	GPE T/F (%)	Hierbas (%)	RS (%)
CN	40,3 B	51,2 A	22,5	48,0 A	2,7 AB	4,7
CNM	42,8 B	46,2 AB	18,7	37,7 AB	4,4 A	4,5
N60	49,4 B	36,1 B	13,7	31,9 B	2,0 B	12,1
N120	66,0 A	24,3 C	26,7	24,1 B	3,1 AB	4,8

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

Durante el período primaveral se observa una contribución significativamente mayor de las GIT en N120 respecto a los demás tratamientos. Las GET en cambio disminuyeron su participación en la medida que la dosis nitrogenada aumentó, siendo ambos tratamientos nitrogenados distintos del testigo, no así N60 respecto a CNM, comportamiento inverso al que ocurre con GPE T/F, especies que vieron disminuida su contribución con el agregado de N. Finalmente, la contribución de las hierbas fue significativamente menor en N60 respecto al máximo observado en CNM, encontrándose valores intermedios no significativos en CN y N120.

El aumento de las GIT con la aplicación de N fue observado también por Ayala y Carámbula (1994). Berretta et al. (1998) y Rodríguez Palma et al. (2009) observaron el mismo comportamiento y agregan además que dicho aumento se da en detrimento de la participación de las GET, lo cual se verifica claramente en N120, mientras que en N60 hay una tendencia al incremento de las GIT que no llega a ser significativa, sí se observa una baja en la participación de las GET.

La ausencia de diferencias entre tratamientos para las GPI T/F a la vez que se da una baja en la proporción de las GET con el agregado de N podría estar justificada por un incremento de las gramíneas invernales anuales, hecho que fue verificado por Duhalde y Silveira (2018) y Luberriaga y Robuschi (2019), quienes encontraron resultados similares y señalan a *Lolium multiflorum* como

uno de los principales componentes dentro de este grupo de especies anuales invernales.

Los RS, aunque el tratamiento N60 sobresale particularmente, debido al elevado coeficiente de variación de la muestra (100%) no llegan a presentar diferencias significativas.

4.2.2.2. Verano

Para el período de verano no se observaron diferencias para ninguna de las variables estudiadas, GIT (\bar{x} =16,5%, p =0,51), GET (\bar{x} =55,2%, p =0,18), GPI T/F (\bar{x} =15,0%, p =0,56), GPE T/F (\bar{x} =47,6%, p =0,23), Leg. (\bar{x} =2,4%, p =0,18), Hierbas (\bar{x} =3,5%, p =0,79), C (\bar{x} =1,2%, p =0,71) ni RS (\bar{x} =20,5%, p =0,20, Tabla No. 9).

Tabla 9 Contribución porcentual al forraje disponible total de las gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según tratamiento para el período de verano.

Trat.	GIT (%)	GET (%)	GPI T/F (%)	GPE T/F (%)	Leg. (%)	Hierbas (%)	C (%)	RS (%)
CN	23,7	58,2	19,0	48,1	1,8	4,1	0,2	11,3
CNM	12,6	63,0	11,8	55,6	2,9	3,1	1,2	17,8
N60	15,4	57,2	15,1	48,4	3,0	3,2	0,2	21,7
N120	14,3	42,2	14,1	38,4	1,7	3,4	3,1	31,0

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

A pesar de la ausencia de diferencias significativas se puede observar el cambio del aporte al total de MS que ocurre dentro de N120, donde las GIT pasan de un 66% en la primavera al 14,3% en este período. Más allá de la reducción en la participación que se da por el propio cambio de estación, parte importante de la misma sería explicada por una mayor presencia de gramíneas invernales anuales dentro de este tratamiento, especialmente *Lolium multiflorum*, que se caracteriza por responder positivamente a la fertilización nitrogenada.

Con respecto a los RS, debido al elevado coeficiente de variación de los mismos (65%) es que no se observa un efecto tratamiento, aunque N120 casi triplique a CN en contenido. Este matiz podría estar explicado por las especies invernales anuales que finalizaban su ciclo hacia este período y con ello contribuirían al contenido de RS. Dichas especies se señalaron previamente como probables responsables de la reducción en la contribución de las GET en los tratamientos nitrogenados durante el período primaveral, lo cual es coherente con estos resultados.

4.2.2.3. Otoño

No se observaron diferencias significativas para GIT ($\bar{x}=21,6\%$, $p=0,20$), GPI T/F ($\bar{x}=21,6\%$, $p=0,52$), GPE T/F ($\bar{x}=38,2\%$, $p=0,40$), Leg. ($\bar{x}=1,9\%$, $p=0,25$), Hierbas ($\bar{x}=2,5\%$, $p=0,45$) ni RS ($\bar{x}=23,9\%$, $p=0,54$, Tabla No. 10).

Tabla 10 Contribución al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), Hierbas y restos secos (RS) según tratamiento para el período otoñal.

Trat.	GIT (%)	GET (%)	GPI T/F (%)	GPE T/F (%)	Leg. (%)	Hierbas (%)	RS (%)
CN	23,0	50,8 A	11,9	36,5	1,7	2,6	21,8
CNM	19,7	50,9 A	8,8	42,3	2,1	2,7	22,5
N60	18,4	52,9 A	7,7	34,8	2,8	1,8	23,5
N120	25,1	41,3 B	10,1	39,3	0,9	3,0	27,8

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

En N120 se observa la contribución significativamente menor de las GET respecto a los demás tratamientos. Dentro de dicho tratamiento, la diferencia que se da nuevamente entre GIT y GPI T/F darían a entender que gran parte de la contribución invernal está dada por gramíneas anuales invernales que estarían comenzando su ciclo en este período, razón por la cual durante el período anterior las diferencias entre los dos grupos de gramíneas previamente mencionados fueron prácticamente inexistentes.

Los RS mientras tanto, se observan en continuo aumento desde la primavera, y podrían ser explicados por las insuficientes precipitaciones que se registraron durante los períodos previos y parte de este, además de las condiciones de alta demanda atmosférica propias del estío.

4.2.3. Producción secundaria

4.2.3.1. Primavera

Para el período primaveral no mostraron diferencias significativas Alt de ingreso (\bar{x} =12,7 cm, p =0,56), Alt de salida (\bar{x} =10,7 cm, p =0,64) y MSDes (\bar{x} =1776 kg/ha, p =0,30, Tabla No. 11).

Tabla 11 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso) y su efecto sobre la altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento durante el periodo primaveral.

Trat.	OF* (%)	CM (kgPV/ha)	Alt de ingreso (cm)	Alt de salida (cm)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
CN	5,47	816 D	12,4	11,0	1236	0,39 A
CNM	5,01	944 C	13,3	10,3	1527	0,40 A
N60	2,68	1837 A	12,6	10,4	2209	0,24 A
N120	2,87	1820 B	12,5	11,1	1994	-0,01 B

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

*No se realizó análisis de varianza.

Se observa en los tratamientos nitrogenados una diferencia pronunciada en OF y CM siendo estas alrededor de un 100% mayores que en sus contrapartes no nitrogenadas. Los desaparecidos mientras tanto aunque no muestran diferencias significativas siguen una relación lineal con la carga.

La GMD por otra parte difirió significativamente entre N120 y los otros tres tratamientos. Los motivos por los que este tratamiento no mostró ganancias

podrían estar explicados por la elevada carga soportada por el tratamiento durante el período, aun cuando los desaparecidos fueron también elevados.

Se observa también una tendencia al aumento de la GMD con la reducción en la carga, lo que es coincidente con los resultados obtenidos por Pallarés y Pizzio (1994b), quienes encontraron una relación directa entre el aumento de la carga y la reducción del desempeño individual. Los autores citados además señalan que la caída en la performance individual es particularmente importante cuando se dan condiciones climáticas adversas, tales como las que se sucedieron especialmente hacia el final de este período. Los valores obtenidos para GMD son menores a los que reportan Soares et al. (2005) y Duhalde y Silveira (2018), quienes obtuvieron ganancias de 0,700 y 1,2 kg/animal/día.

4.2.3.2. Verano

Al igual que en primavera, no mostraron diferencias significativas Alt de ingreso ($\bar{x}=12,5$ cm, $p=0,34$), Alt de salida ($\bar{x}=7,4$ cm, $p=0,26$) y MSDes ($\bar{x}=1717$ kg/ha, $p=0,14$, Tabla No. 12).

Tabla 12 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso) y su efecto sobre la altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento durante el periodo de verano.

Trat	OF* (%)	CM (kgPV/ha)	Alt de ingreso (cm)	Alt de salida (cm)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
CN	6,51	863 D	13,1	8,1	1428	0,37 A
CNM	5,45	1004 C	12,6	7,4	1613	0,32 AB
N60	3,10	1868 A	12,0	6,9	1877	0,06 BC
N120	3,17	1818 B	12,2	7,2	1950	-0,02 C

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

*No se realizó análisis de varianza.

Tanto la OF como la CM se encontraron en valores muy similares a las del período primaveral para cada uno de los tratamientos, manteniéndose notoria la disparidad entre los tratamientos nitrogenados y los no nitrogenados para estas variables.

En lo que refiere a GMD, nuevamente N120 posee una pobre performance animal, lo que podría deberse a la alta carga o a la baja calidad de la pastura producto del déficit hídrico. N60 mostró valores similares a los de N120. CN mientras tanto presentó el mejor desempeño animal, con una GMD de 0,37 kg/animal/día, diferenciándose significativamente de los tratamientos nitrogenados, pero no de CNM que reportó ganancias similares para el período. Estos valores de GMD para los tratamientos no nitrogenados son de magnitud similar a los reportados por Gallinal et al. (2016) para el mismo período, quienes no encontraron diferencias entre tratamientos, obteniendo ganancias de 0,313 kg/animal/día.

4.2.3.3. Otoño

Durante el período otoñal se realizó un ajuste de carga que resultó en una mayor oferta de forraje, especialmente para los tratamientos nitrogenados en comparación a los períodos anteriores. Dicha carga fue significativamente diferente entre todos los tratamientos, siendo máxima en CN, seguida por N60, N120 y CNM respectivamente. La GMD mientras tanto fue máxima en N120, que difirió significativamente de los otros tres tratamientos (Tabla No. 13.).

Tabla 13 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso) y su efecto sobre la altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento durante el periodo de otoño.

Trat.	OF* (%)	CM (kgPV/ha)	Alt de ingreso (cm)	Alt de salida (cm)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
CN	4,52	899 A	9,0	5,2	1228	0,07 B
CNM	7,17	557 D	8,7	4,7	1293	0,17 B
N60	3,88	801 B	8,0	4,5	850	0,09 B
N120	5,57	610 C	8,7	4,4	1006	0,40 A

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

*No se realizó análisis de varianza.

No hubo diferencias significativas en la Alt de ingreso ($\bar{x}=8,6$ cm, $p=0,33$), Alt de salida ($\bar{x}=4,7$ cm, $p=0,62$) y MSDes ($\bar{x}=1094$ kg/ha, $p=0,07$), dichos valores no se condicen con una mejora en la GMD, la cual no difiere significativamente entre CN, CNM y N60.

En este sentido, GMD similares a las observadas en dichos tratamientos fueron observadas por Soares et al. (2005) para el mismo período. Años con condiciones climáticas adversas y manejando cargas altas, provocan una gran variación interanual en el desempeño animal (Pallarés y Pizzio, 1994b), situación que se dio durante el experimento y podría explicar al menos en parte la disparidad en la GMD entre tratamientos.

Por otro lado la MSDes no muestra relación con la CM y Of hecho que estaría evidenciando un efecto de factores ajenos al consumo animal sobre MSDes, tales como pisoteo y deyecciones (Stuth y Chmielewski, 1981).

4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2

4.3.1. Producción primaria

4.3.1.1. Primavera

Al igual que dentro del experimento 1, durante la primavera, no se observaron efectos de los tratamientos para MSProd (1020 kg/ha, $p=0,69$), TC (22,7 kg/ha/día, $p=0,68$), MSD ($\bar{x}=4209$ kg/ha, $p=0,21$), AltD ($\bar{x}=15,9$ cm, $p=0,32$), MSR ($\bar{x}=2383$ kg/ha, $p=0,31$) ni AltR ($\bar{x}=11,83$ cm, $p=0,72$). Por otro lado, los contrastes ortogonales no mostraron un efecto de la historia de fertilización ni de la dosis nitrogenada (Tabla No. 14).

Tabla 14 Efecto de la historia de fertilización y dosis nitrogenada sobre la materia seca producida (MSProd), la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR) y altura del forraje remanente (AltR) para el período primaveral.

Trat.	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)
	p - valor de los contrastes ortogonales					
1 vs. 2* 60 vs. 120**	0,61 0,44	0,61 0,44	0,89 0,94	sd*** 0,22	0,62 0,73	0,25 0,99
	Medias de los tratamientos según Tukey					
N60	1117	24,9	3688	12,6	2243	10,4
N120	1195	26,6	3918	12,5	2148	11,1
N60-2	768	17,0	3681	20,4	2695	13,2
N120-2	998	22,1	3148	18,0	2313	12,6

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

*Contraste ortogonal sin vs. con historia de fertilización.

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

***Sin datos.

Los valores de TC son concordantes con lo que reportan Duhalde y Silveira (2018) para los tratamientos sin historia de fertilización, no así para su

contraparte con historia, donde los valores están cerca de ser el 50% de las tasas reportadas por las autoras para el mismo período. En este mismo sentido se puede observar un matiz entre la TC de los tratamientos con y sin historia, siendo para estos últimos mayor. Uno de los motivos que podría explicar este comportamiento es la mayor carga soportada por los tratamientos N60-2 y N120-2 para el período

4.3.1.2. Verano

En forma similar al período anterior, no se observó efecto tratamiento para MSProd (\bar{x} =1225 kg/ha, p =0,64), TC (\bar{x} =25,5 kg/ha/día, p =0,68), MSD (\bar{x} =3081kg/ha, p =0,44), AltD (\bar{x} =11,9 cm, p =0,07), MSR (\bar{x} =1462 kg/ha, p =0,62) ni AltR (\bar{x} =7,0 cm, p =0,57) para este periodo. A su vez, los contrastes ortogonales tampoco mostraron un efecto de la historia de fertilización ni de la dosis nitrogenada (Tabla No. 15).

Tabla 15 Efecto de la historia de fertilización y dosis nitrogenada sobre la producción de forraje (MSProd), la tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR) y altura del forraje remanente (AltR) para el período de verano.

Trat.	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)
	p - valor de los contrastes ortogonales					
1 vs. 2* 60 vs. 120**	0,56 0,28	0,55 0,31	0,94 0,94	0,66 0,18	0,97 0,92	0,85 0,90
	Medias de los tratamientos según Tukey					
N60	1346	28,1	3181	12,0	1442	6,9
N120	1193	24,5	3167	12,2	1412	7,2
N60-2	1331	28,1	3174	12,3	1511	7,1
N120-2	1030	21,4	2876	11,2	1392	6,7

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

*Contraste ortogonal sin vs. con historia de fertilización.

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

Las TC para este período se encuentran por debajo de los valores reportados por Gallinal et al. (2016), de 42 kg/ha/día para este período, lo que podría estar explicado por mayores precipitaciones que se dieron durante casi todo el período del estudio mencionado. Mientras tanto, en este ensayo, la escasez de precipitaciones durante el período podría estar no solo disminuyendo la magnitud del efecto de la fertilización, si no también enmascarando el efecto de la dosis nitrogenada.

Se observa también la relativa caída de los disponibles respecto al período anterior, lo que se explica por un desaparecido mayor a la TC, explicado en parte por las elevadas cargas que soportaron estos tratamientos, así como también por la deficiencia hídrica ocurrida hacia fin del período anterior y gran parte de este.

4.3.1.3. Otoño

No se observó efecto tratamiento para MSProd (\bar{x} =1056 kg/ha, p =0,26), TC (\bar{x} =18,3 kg/ha/día, p =0,26), MSD (\bar{x} =2071 kg/ha, p =0,03), AltD (\bar{x} =8,4, p =0,04), MSR (\bar{x} =1209 kg/ha, p =0,55), ni AltR (\bar{x} =4,8 cm, p =0,12, Tabla No. 16).

Tabla 16 Efecto de la historia de fertilización y dosis nitrogenada sobre la producción de forraje (MSProd), tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), altura del forraje disponible (AltD), materia seca remanente (MSR) y altura del forraje remanente (MSR) y altura del forraje remanente (AltR) para el período otoñal.

Trat.	MSProd (kg/ha)	TC (kg/ha/día)	MSD (kg/ha)	AltD (cm)	MSR (kg/ha)	AltR (cm)
	p - valor de los contrastes ortogonales					
1 vs. 2*	0,07	0,07	0,61	0,94	0,93	0,53
60 vs. 120**	0,86	0,83	0,95	0,57	0,42	0,06
	Medias de los tratamientos según Tukey					
N60	1138	19,7	1804	8,0	1247	4,5
N120	1259	21,8	1972	8,7	1220	4,4
N60-2	959	16,5	1987	8,9	1388	5,3
N120-2	869	15,0	2000	7,9	979	3,7

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

*Contraste ortogonal sin vs. con historia de fertilización.

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

***Sin datos.

Los valores de TC son de magnitud muy similar a los reportados por Gallinal et al. (2016) para el otoño. Mientras tanto se sigue observando la tendencia a la caída del disponible, lo que refleja un desaparecido que está por encima de la TC de la pastura, producto en gran medida de las elevadas cargas y del déficit hídrico que operó en los primeros dos períodos del estudio.

4.3.2. Composición botánica

4.3.2.1. Primavera

Durante el período de primavera no se observaron diferencias significativas para GIT ($\bar{x}=54,2\%$, $p=0,08$), GET ($\bar{x}=27,2\%$, $p=0,35$), GPE T/F ($\bar{x}=26,4\%$, $p=0,66$), RS ($\bar{x}=12\%$, $p=0,10$), hierbas ($\bar{x}=4,2\%$, $p=0,85$) ni C ($\bar{x}=0,6\%$, $p=0,38$). El muestreo no permitió recabar la suficiente información para realizar el muestreo correspondiente a las leguminosas. Por otro lado, los

contrastes ortogonales no mostraron diferencias significativas para ninguna de las variables (Tabla No. 17).

Tabla 17 Contribución porcentual al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según historia de fertilización y dosis nitrogenada para el período primaveral.

Tratamiento	GIT (%)	GET (%)	GPI T/F (%)	GPE T/F (%)	Hierbas (%)	C (%)	RS (%)
	p - valor de los contrastes ortogonales						
1 vs. 2*	0,99	0,47	0,75	0,43	0,40	0,3	0,71
60 vs. 120**	0,48	0,51	0,77	0,92	0,40	0,9	0,93
	Medias de los tratamientos según Tukey						
N60	49,4	36,1	13,7 B	31,9	2,0	0,7	12,1
N120	66,0	24,3	26,7 A	27,1	3,1	0,3	4,8
N60-2	53,3	23,5	27,3 A	22,5	4,9	0,5	13,7
N120-2	47,9	24,7	19,3 AB	24,1	6,6	0,7	19,8

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

*Contraste ortogonal sin vs. con historia de fertilización.

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

***El muestreo no recabó los suficientes datos para realizar el análisis de varianza.

La única variable que presentó diferencias es GPI T/F donde N60 muestra el menor valor difiriendo significativamente solo de N120 y N60-2. Bemhaja (1994) afirma que la fertilización nitrogenada favorece las pasturas tiernas y finas, particularmente invernales, tanto perennes como anuales, el hecho de que los tratamientos con historia de fertilización y el de dosis alta sin historia de fertilización presenten una mayor proporción de especies de este grupo es coherente con lo señalado por la autora.

4.3.2.2. Verano

Similar a lo ocurrido en primavera, no se observaron diferencias significativas para GIT (\bar{x} =15,1%, p =0,60), GET (\bar{x} =50,6%, p =0,29), GPI T/F (\bar{x} =15,1%, p =0,61), GPE T/F (\bar{x} =46,77%, p =0,46), hierbas (\bar{x} =4,6%, p =0,62), C (\bar{x} =1,1%, p =0,81), ni RS (\bar{x} =24,2%, p =0,62) para el período de verano (Tabla No. 18).

Tabla 18 Contribución porcentual al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según historia de fertilización y dosis nitrogenada para el período de verano.

Trat.	GIT (%)	GET (%)	GPI T/F (%)	GPE T/F (%)	Leg. (%)	Hierbas (%)	C (%)	RS (%)
	p - valor de los contrastes ortogonales							
1 vs. 2*	0,68	0,69	0,70	0,24	<0,01	0,05	0,73	0,35
60 vs. 120**	0,40	0,20	0,41	0,30	0,25	0,57	0,69	0,48
	Medias de los tratamientos según Tukey							
N60	14,9	56,8	14,9	48,4	2,5 BC	2,7	0,2	23,2
N120	13,9	41,9	13,9	38,4	1,6 C	2,9	3,1	32,5
N60-2	18,0	52,6	17,9	51,0	4,1 B	5,5	0,2	19,6
N120-2	13,5	51,0	13,5	49,3	6,8 A	7,3	0,8	21,3

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

*Contraste ortogonal sin vs. con historia de fertilización.

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

Leg. fue la única variable que presentó efecto tratamiento para el período, siendo N120-2 el tratamiento en el que se observó la participación más alta de dicho grupo, seguido por N60-2, N60 y N120, no difiriendo significativamente el segundo de los otros dos. A su vez se observa un efecto

de la historia de fertilización sobre la contribución de Leg., no así un efecto de la dosis nitrogenada.

Las mencionadas diferencias fueron también observadas por Gallinal et al. (2016) para el mismo período. La historia de fertilización, sobre todo de fertilización con P, elimina las restricciones nutritivas para muchas leguminosas nativas, lo que permitiría un incremento de la contribución de estas al total de MS. Dicho efecto de la fertilización fosforada sobre CN no es inmediato si no que toma algunos años para empezar a hacerse notorio, lo que explicaría las diferencias entre los tratamientos con y sin historia de fertilización (Simposio de Forrageiras e Produtividade Animal, citado por Gallinal et al., 2016).

Desmodium incanum, una leguminosa nativa que fue la más frecuente en los muestreos realizados, ve incrementada su participación con la fertilización nitrogenada y períodos de descanso (Gomes et al., 1998).

Los niveles de restos secos son considerablemente más elevados que los reportados por Gallinal et al. (2016) para el mismo período, hecho que podría estar explicado por las escasas precipitaciones registradas durante dicho período.

4.3.2.3. Otoño

No se encontraron diferencias significativas para GIT ($\bar{x}=10,6\%$, $p=0,32$), GPI T/F ($\bar{x}=10,6\%$, $p=0,39$), GPE T/F ($\bar{x}=39,5\%$, $p=0,24$), Leg. ($\bar{x}=4,9\%$, $p=0,57$), Hierbas ($\bar{x}=4,0\%$, $p=0,50$), C ($\bar{x}=0,6\%$, $p=\text{sin datos}$), ni RS ($\bar{x}=26,6\%$, $p=0,35$) durante el período otoñal (Tabla No. 19).

Tabla 19 Contribución porcentual al total de forraje disponible de gramíneas invernales totales (GIT), gramíneas estivales totales (GET), gramíneas perennes invernales tiernas y finas (GPI T/F), gramíneas perennes estivales tiernas y finas (GPE T/F), leguminosas (Leg.), hierbas, cardos (C) y restos secos (RS) según historia de fertilización y dosis nitrogenada para el período otoñal.

Trat.	GIT (%)	GET (%)	GPI T/F (%)	GPE T/F (%)	Leg. (%)	Hierbas (%)	C (%)	RS (%)
	p - valor de los contrastes ortogonales							
1 vs. 2*	0,81	0,04	0,33	0,13	0,03	0,22	0,94	0,37
60 vs. 120**	0,36	0,36	0,92	0,86	0,69	0,91	0,90	0,85
	Medias de los tratamientos según Tukey							
N60	18,4	53,0 A	7,7	44,8	2,8	1,8	0,6	23,5
N120	25,1	41,3 AB	10,1	39,3	1,0	3,0	0,5	27,8
N60-2	21,2	34,7 B	12,5	33,0	7,6	6,3	0,6	30,8
N120-2	20,0	41,4 AB	12,1	40,7	8,3	4,7	0,5	24,3

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

*Contraste ortogonal sin vs. con historia de fertilización.

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

Solo se detectaron diferencias significativas para GET donde N60 fue superior a N60-2 para dicha variable. Por otro lado, los contrastes ortogonales evidenciaron diferencias entre los tratamientos con y sin historia de fertilización para las variables GET y Leg., no observándose efectos sobre otras variables.

Hay un efecto significativo de la historia de fertilización sobre las GET, siendo los tratamientos con historia de fertilización aquellos con menor contribución de este grupo. Este comportamiento es consistente con la anualización de la pastura que tiende a provocar la acumulación de años de fertilización con N sobre el campo natural, promoviendo gramíneas invernales,

especialmente anuales, en detrimento de gramíneas perennes (Boggiano et al., 2005, Rodríguez Palma et al., 2008, Zanoniani et al., 2011).

El otro efecto significativo de la historia de fertilización se observa sobre las Leg., comportamiento que se verifica también en el período anterior, y que estaría explicado por la promoción de las leguminosas nativas que se logra a través de la fertilización con P en el mediano plazo.

4.3.3. Producción secundaria

4.3.3.1. Primavera

CI y GMD presentaron efecto de la historia de fertilización para el período primaveral, mientras que para MSDes no se pudo realizar el análisis de varianza correspondiente (Tabla No. 20).

Tabla 20 Oferta de forraje (OF) carga instantánea (CI), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización durante el periodo primaveral.

Tratamientos	OF* (%)	CI (kgPV/ha)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
Sin hist.	2,78	7314 B	1707	0,11 B
Con hist.	2,24	8161 A	**sd	0,34 A

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

*No se realizó análisis de varianza.

**Sin datos.

Los tratamientos con historia de fertilización presentaron valores significativamente mayores para las 2 variables consideradas en el análisis estadístico. Donde la menor OF y la mayor carga presentaron mayor GMD, la diferencia en GMD podría estar explicada por una composición botánica de mejor calidad en los tratamientos con historia de fertilización, producto de una evolución del tapiz en el mediano plazo.

Por otro lado, se observa efecto tratamiento para las variables relacionadas a OF, carga y GMD, no mostrando diferencias altura de entrada

(\bar{x} =15,9 cm, p =0,32) y altura de salida (\bar{x} =11,8 cm, p =0,72) durante el período primaveral (Tabla No. 21).

Tabla 21 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso), altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización y dosis nitrogenada durante el periodo primaveral.

Trat.	OF* (%)	CM (kgPV/ha)	Alt de ingreso (cm)	Alt de salida (cm)	MSDes* (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
N60	2,68	1837 C	12,6	10,4	2209	0,24 AB
N120	2,87	1821 D	12,5	11,1	1994	-0,01 B
N60-2	2,45	2004 B	20,4	13,2	**sd	0,25 AB
N120-2	2,02	2077 A	18,0	12,6	**sd	0,44 A

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

*No se realizó análisis de varianza.

**Sin datos.

N120-2 fue el tratamiento que tuvo la carga máxima durante el período, seguido por N60, N60-2 y N120 respectivamente. Los animales ingresaron a pastorear a las parcelas con una altura de pasto que fue significativamente mayor en N60-2 respecto a los demás tratamientos, y salieron con alturas de remanente más altas en los tratamientos sin historia de fertilización. La MSDes presentó valores de similar magnitud para los tratamientos sin historia de fertilización, mientras que para su contraparte con historia no se pudieron realizar los análisis de varianza.

La GMD mientras tanto fue significativamente diferente entre N120 (mínima) y N120-2 (máxima).

4.3.3.2. Verano

Se observó efecto de la historia de fertilización para CI, MSDes y GMD (Tabla No. 22).

Tabla 22 Carga instantánea (CI), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización durante el periodo de verano.

Tratamientos	OF* (%)	CI (kgPV/ha)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
Sin hist.	3,14	7372 B	1717 B	0,02 B
Con hist.	2,63	8390 A	2073 A	0,21 A

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

*No se realizó análisis de varianza.

Los tratamientos sin historia de fertilización presentaron menor CI, mayor OF, menor MSDes y la menor GMD. A su vez pese a mantener una elevada carga los tratamientos con historia lograron GMD medias de 0,21 kg/animal/día.

La composición botánica podría estar explicando el comportamiento del desempeño animal, ya que se observó una mayor presencia de Leg. en los tratamientos con historia de fertilización, y aunque no significativo, un porcentaje de restos secos menor, factores que combinados podrían resultar en calidades de pasturas diferentes entre los dos grupos.

Mientras tanto, no se observaron diferencias significativas para GMD ($\bar{x}=0,12$ kg/animal/día, $p=0,50$), Alt de ingreso ($\bar{x}=11,9$ cm, $p=0,07$) y Alt de salida ($\bar{x}=7,0$ cm, $p=0,57$), pero sí para las demás variables estudiadas (Tabla No. 23).

Tabla 23 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso), altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización y dosis nitrogenada durante el periodo de verano.

Trat	OF* (%)	CM (kgPV/ha)	Alt de ingreso (cm)	Alt de salida (cm)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
N60	3,10	1868 C	12,0	6,9	1877 BC	-0,02
N120	3,17	1818 D	12,2	7,2	1950 AB	0,06
N60-2	2,81	2053 B	12,3	7,1	2330 A	0,21
N120-2	2,44	2142 A	11,2	6,7	1816 BC	0,21

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

*No se realizó análisis de varianza.

Como se señaló previamente, los tratamientos sin historia de fertilización presentaron las menores cargas y mayores desaparecidos, aunque ello no se vio reflejado en la GMD, donde no se observó efecto tratamiento a pesar de la disparidad de los resultados. Como se mencionó para el análisis previo, posiblemente la calidad de la pastura tuvo una influencia considerable sobre el desempeño animal.

4.3.3.3. Otoño

A continuación se presentan los resultados de CI, MSDes y GMD según historia de fertilización para el período de otoño (Tabla No. 24).

Tabla 24 Oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización durante el periodo otoñal.

Tratamientos	OF* (%)	CI (kgPV/ha)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
Sin hist.	4,73	2827 A	1094	0,25
Con hist.	5,07	2719 B	987	0,32

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

*No se realizó análisis de varianza.

Los tratamientos sin historia de fertilización presentaron una mayor CI respecto a sus pares con historia, mientras que no se reportaron diferencias significativas en MSDes ($\bar{x}=1040$ kgMS/ha, $p=0,34$) GMD ($\bar{x}=0,29$ kg/animal/día, $p=0,41$). En lo que refiere a las OF, aunque no se les realizó análisis de varianza, los valores para ambos grupos de tratamientos fueron muy similares.

Mientras tanto, los efectos según tratamiento para el período otoñal se observan en el Tabla No. 25.

Tabla 25 Oferta de forraje (OF), carga media (CM), altura de ingreso (Alt de ingreso), altura de salida (Alt de salida), materia seca desaparecida (MSDes) y ganancia media diaria (GMD) según historia de fertilización y dosis nitrogenada durante el periodo otoñal.

Trat.	OF* (%)	CM (kgPV/ha)	Alt de ingreso (cm)	Alt de salida (cm)	MSDes (kgMS/ha)	GMD (kg/animal/día)
N60	3,89	802 A	8,0	4,5	850	0,09
N120	5,56	612 D	8,7	4,4	1006	0,40
N60-2	5,32	644 C	8,9	5,3	858	0,41
N120-2	4,82	716 B	7,9	3,7	1116	0,22

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

*No se realizó análisis de varianza.

No se observaron diferencias significativas para GMD ($\bar{x}=0,28$ kg/animal/día, $p=0,07$), Alt de ingreso ($\bar{x}=8,4$, $p=0,04$), Alt de salida ($\bar{x}=4,8$ cm, $p=0,12$) y MSDes ($\bar{x}=957,5$, $p=0,16$).

La mayor carga se observó en N60, seguido de N120-2, N60-2 y N120 respectivamente. Mientras tanto, la MSDes y las alturas de ingreso y salida no muestran una relación clara respecto a la CM, lo que podría estar explicando que factores ajenos al consumo animal estén influyendo sobre la MSDes.

La GMD presentó un elevado coeficiente de variación (65%), que estaría explicando la ausencia de diferencias significativas en, por ejemplo, la GMD observada entre N60-2 y N60. Dicha variable presenta los mayores valores en los tratamientos que tuvieron una mayor OF para el período, comportamiento que es corroborado por Boggiano et al. (2000), quienes señalan que mayores OF permiten a los animales seleccionar una dieta de mayor valor nutritivo.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La fertilización nitrogenada permitió aumentar la producción de forraje del campo natural en el total del período, cuando se observa la producción de forraje por estación, sin embargo, no se evidencian diferencias entre tratamientos.

Los períodos de déficit hídrico transcurridos a mediados de primavera y principio de verano incidieron en el experimento reduciendo el potencial de expresión de los tratamientos, evitando así evidenciar diferencias entre los mismos.

La fertilización con N provocó un cambio en la composición botánica, observándose un incremento de las GIT en los períodos de primavera y otoño a expensas de una reducción de la contribución de las GET. Dentro del incremento de las GIT se evidencia que el principal aumento es dentro del grupo de las especies anuales invernales, ya que durante el verano dichas diferencias respecto al CN desaparecen.

El CNM no se diferenció significativamente del CN ni en la producción de forraje ni en la composición botánica durante los tres periodos evaluados (primavera, verano y otoño).

El CN y CNM presentaron las mayores ganancias individuales para los periodos de primavera y verano (0,34 y 0,35 kg/animal/día respectivamente para dichos períodos), mientras que durante el otoño la mayor ganancia individual la registró N120 (0,40 kg/animal/día).

La GMD de primavera y verano para todos los tratamientos fue inferior a la reportada por Soares et al. (2005), Gallinal et al. (2016) y Duhalde y Silveira (2018). Dicho comportamiento pudo deberse a la elevada carga animal que soportaron los tratamientos (especialmente los nitrogenados) durante el período de primavera y verano, hecho que sumado al severo déficit hídrico ocurrido durante dicho lapso explicarían los bajos valores de ganancia de PV individual.

La historia de fertilización no mostró efectos sobre la producción de forraje en las estaciones de primavera y verano, sí en cambio en otoño, donde los tratamientos sin historia de fertilización presentaron un mayor valor de producción.

La historia de fertilización tuvo efecto sobre la composición botánica, observándose en los tratamientos con mayor historia un mayor aporte de leguminosas y una merma de las gramíneas estivales totales.

6. CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada permitió aumentar la producción de forraje para el total del período.

La incorporación de leguminosas al campo natural no tuvo efecto sobre la producción de forraje.

La fertilización nitrogenada tuvo efecto sobre la composición botánica, incrementando la contribución de especies gramíneas anuales invernales en desmedro de gramíneas perennes estivales.

La fertilización nitrogenada permitió aumentar la carga animal durante la primavera y verano, sin observarse diferencias en el desempeño por animal.

La historia de fertilización tuvo efecto sobre la composición botánica, incrementando la contribución de leguminosas y reduciendo la de gramíneas estivales.

Tanto la carga como la ganancia media diaria fueron mayores en los tratamientos con historia de fertilización.

7. RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en el potrero 18 de la Estación Experimental Mario Alcides Cassinoni de la Facultad de Agronomía. La misma se ubica sobre el km. 363 de la Ruta Nacional General Artigas en el departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20'9" latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. N. m.). El período de evaluación estuvo comprendido entre el 12 de octubre de 2017 y el 18 de abril de 2018, y fue dividido en 3 subperíodos: primavera, verano y otoño. El objetivo del experimento fue evaluar la respuesta del campo natural bajo pastoreo rotativo a la introducción de leguminosas y la fertilización con dos dosis de nitrógeno en la producción de forraje, composición botánica y producción secundaria. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones siendo los tratamientos: 1- Campo natural sin intervención (CN), 2- campo natural mejorado con *Lotus tenuis* cv Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela (CNM), 3- campo natural fertilizado con 60 kg/ha de N anuales (N60), y 4- campo natural fertilizado con 120 kg/ha de N anuales (N120). Los tres tratamientos que fueron intervenidos fueron también fertilizados con 40 unidades de P₂O₅/ha anuales. Se evaluó también la historia de fertilización y la dosis nitrogenada. Las variables relacionadas a la pastura estudiadas fueron materia seca producida (MSProd), tasa de crecimiento (TC), materia seca disponible (MSD), materia seca remanente (MSR), materia seca desaparecida (MSDes), y la variación de la composición botánica. Mientras tanto las evaluaciones del componente animal se realizaron sobre las variables carga instantánea (CI), carga media (CM) y ganancia media diaria (GMD). Los resultados muestran que la fertilización nitrogenada aumentó la MSProd y TC respecto al CN, diferencia que no se observó significativa dentro de ninguno de los subperíodos, pero sí para el total del período de estudio, comportamiento que se explica en gran medida por las restricciones hídricas que se presentaron durante el experimento y las elevadas cargas soportadas por los tratamientos nitrogenados, especialmente durante la primavera y el verano. Mientras tanto el CNM presentó valores intermedios entre el testigo y los tratamientos fertilizados con N, sin diferenciarse significativamente de ninguno de ellos. Dentro de los subperíodos tampoco varió entre tratamientos la MSD, MSR ni MSDes, aunque si se apreció una disminución de cada período al siguiente para las primeras dos variables. Dentro de lo referente a composición botánica, se observó un aumento de la participación de especies gramíneas anuales invernales en desmedro de las gramíneas perennes estivales en los tratamientos

nitrogenados respecto al CN, especialmente en N120. Las leguminosas mientras tanto no mostraron una diferencia en su participación dentro de CNM ni ninguno de los tratamientos sin historia de fertilización, sí en cambio se observó un efecto positivo de la historia de fertilización sobre la participación de esta familia de especies en los tratamientos nitrogenados, particularmente durante el verano. Dentro de la producción secundaria, los tratamientos nitrogenados soportaron cargas un 100% superiores al CN y CNM durante la primavera y el verano, siendo para estos subperíodos N120 el que mostró la más pobre performance animal. Para el otoño se corrigieron estas diferencias en carga y dicho tratamiento pasó a ser el de mejor desempeño animal, manteniéndose las GMD de los otros tres tratamientos en valores de similar magnitud entre sí para el total del período. La historia de fertilización mostró efectos positivos sobre el desempeño animal siendo las GMD de estos tratamientos superiores a las de su contraparte sin historia de fertilización aun soportando CI superiores durante primavera y verano. La corrección de carga realizada durante el otoño provocó un emparejamiento de las GMD, no observándose diferencias entre los grupos mencionados anteriormente.

Palabras clave: campo natural; nitrógeno; leguminosas; primavera; verano; otoño

8. SUMMARY

This research was carried out in the 18th paddock of the Mario Alcides Cassinoni Experimental Station, of the School of Agronomy, located on the 363rd km of the National Route No. 3 “General Artigas”, in Paysandú department, Uruguay (32° 20’ 9” South latitude, and 58° West Longitude, 61 ms. N.m). The evaluation period was between October 12th. 2017 and April 18th. 2018, and was divided in 3 sub-periods: spring, summer and autumn. The objective of the experiment was to evaluate the response of the natural field under rotational grazing to the introduction of legumes and fertilization with two doses of nitrogen in forage production, botanical composition, and secondary production. A randomized complete block design was used with 4 repetitions, the treatments being: 1- Natural field without intervention (CN), 2- Natural field improved with *Lotus tenuis* cv Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela (CNM), 3- natural field fertilized with 60 kg/ha of N per year (N60), and 4- natural field fertilized with 120 kg/ha of N per year (N120). The three treatments that were intervened were also fertilized with 40 units of P₂O₅ /ha per year. Fertilization history and nitrogen dose were also evaluated. The variables related to the pasture studied were dry matter produced (MSProd), growth rate (TC), dry matter available (MSD), remaining dry matter (MSR), dry matter disappeared (MSDes), and the variation of the botanical composition. Meanwhile, the evaluations of the animal component were carried out on the variables instantaneous load (CI), average load (CM) and average daily gain (GMD). The results show that nitrogen fertilization increased the MSProd and TC with respect to the CN, a difference that was not observed significant within any of the subperiods but was observed for the entire study period, a behavior that is largely explained by the water restrictions that were presented during the experiment and the high loads supported by nitrogenous treatments, especially during spring and summer. Meanwhile, the CNM presented intermediate values between the control and the treatments fertilized with N, without significantly differentiating from any of them. Within the subperiods, neither did the MSD, MSR or MSDes vary between treatments, although a decrease was observed from each period to the next for the first two variables. Regarding botanical composition, an increase in the participation of winter annual grass species was observed to the detriment of summer perennial grass species in nitrogenous treatments with respect to CN, especially in N120. Meanwhile, legumes did not show a difference in their participation within CNM or any of the treatments without fertilization history, but

instead a positive effect of fertilization history was observed on the participation of this family of species in nitrogen treatments, particularly during the summer. Within secondary production, nitrogen treatments supported loads 100% higher than CN and CNM during spring and summer, with N120 showing the poorest animal performance for these subperiods. For the fall, these differences in loads were corrected and said treatment became the one with the best animal performance, keeping the GMD of the other three treatments at values of similar magnitude to each other for the entire period.

Keywords: natural field; nitrogen; legumes; spring; summer; autumn

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, V.; Batello, C.; Berretta, E.; Hodgson, J.; Kothmann, M.; Li, X.; Mclvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and forage science. 66: 2 - 29.
2. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. v.1, 96 p.
3. Álvarez, M.; Álzaga, G.; Nopitsch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje del campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
4. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Nitrógeno en pasturas: seminario de actualización técnica (1994, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33 - 42. (Serie Técnica no. 51).
5. _____; _____. 1995. Evaluación productiva de mejoramientos extensivos sobre suelos de lomadas en la Región Este. In: Jornada técnica mejoramientos extensivos: manejo y utilización (1995, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Treinta y Tres, INIA. pp. 26 - 35. (Actividades de Difusión no. 75).
6. _____; Bermúdez, R. 2005. Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de lomas en la Región Este. In: Risso, D.; Ayala, W.; Bermúdez, R.; Berretta, E. Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. Montevideo, INIA. pp. 41 - 50. (Serie Técnica no. 151).

7. _____.; Bendersky, D. 2017. Modificaciones de la productividad del campo natural vía incorporación de especies y nutrientes: oportunidades y consecuencias. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur - Grupo Campos (24^{a.}, 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 14 - 23.
8. Azanza, A.; Panissa, 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.
9. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Nitrógeno en pasturas: seminario de actualización técnica (1994, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 49 - 56. (Serie Técnica no. 51).
10. _____.; Berretta, E. J.; Brito, G. 1994. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en Basalto profundo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^{a.}, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119 - 122. (Serie Técnica no. 94).
11. _____. 1998a. Caracterización de mejoramiento de campo bajo diferentes cargas con novillos durante tres años. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 83 - 90. (Serie Técnica no. 102).

12. _____. 1998b. Mejoramiento de campo en basalto profundo: evaluación de leguminosas, géneros, especies y variedades. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33 - 42. (Serie Técnica no. 102).
13. _____. 1998c. Mejoramiento de campo: manejo de leguminosas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53 - 61. (Serie Técnica no. 102).
14. Berretta, E. J. 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).
15. _____. 1998. 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 - 97. (Serie Técnica no. 102).
16. _____.; Risso, D.; Levratto, J.; Zamit, W. 1998. Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63 - 72. (Serie Técnica no. 102).
17. _____. 2005a. Algunas consideraciones sobre el pastoreo racional Voisin. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 115 - 123. (Serie Técnica no. 151).

18. _____. 2005b. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de basalto. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 61 - 73. (Serie Técnica no. 151).
19. Boggiano, P. R.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000. 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.
20. _____.; Zanoniani, R.; Millot, J. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. (Serie Técnica no. 151).
21. Bossi, J.; Ferrando, L. A.; Fernández, A.; Elizalde, G.; Morales, H.; Ledesma, J.; Carballo, E.; Medina, E.; Ford, I.; Montaña, J. 1975. Carta geológica del Uruguay. Montevideo, Geoeditores. Esc. 1:1.000.000.
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. Bueno, E.; Soares, A.; Mezzalira, J.; Tirelli, L.; Zotti, F.; Marceniuk, L.; Lorenzatto, H. 2004. Intensidades de pastejo em campo nativo melhorado. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (20^{a.}, 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 322 - 323.
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. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
26. 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 (20^{a.}, 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 275 - 276.
27. Correa, F. L.; Alvim, L. F. 1994. Carga e ganho animal em campo nativo melhorado. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (14^{a.}, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 91 - 93. (Serie Técnica no. 94).
28. Drawe, D.; Box, T. 1969. High rates of nitrogen fertilization influence coastal prairie range. *Journal of Range Management*. 22(1): 32 - 36.

29. Duhalde, M. E.; Silveira, M. I. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada y mejoramiento de campo natural sobre la productividad invierno-primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 176 p.
30. Fonseca do Amaral, M.; Mezzalira, J.; Silveira, M.; Cardoso, P.; Kunrath, T.; Cardoso, R.; Simon, L.; de Faccio Carvalho, P. 2008. Influência da manipulação estacional da oferta de forragem na produção animal em pastagem natural do sul do Brasil. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (22^a., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 191 - 192.
31. 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.
32. García, J.; Labandera, C.; Pastorini, D.; Curbelo, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. In: Nitrógeno en pasturas: seminario de actualización técnica (1994, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 13 - 18. (Serie Técnica no. 51).
33. Garín, D.; Machado, A.; Rinaldi, C. 1993. Performance de novillos Holando bajo distintas presiones de pastoreo en en campo natural con *Lotus corniculatus* en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 59 p.

34. Gomes, K.; Maraschin, G.; Riboldi, J. 1998. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica da pastagem natural: II Composição florística. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (17^{a.}, 1998, Lages). Trabalhos apresentados. Lages, s.e. p. 137.
35. 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.
36. Hanisch, A.; Gilson, I.; Mondardo, M. 2008. Persistência da produção anual de matéria seca de pastagem naturalizada sob cinco níveis de adubação em um Latossolo Bruno Distrófico no Sul do Brasil. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^{a.}, 2008, Minas). Memorias. Minas, s.e. p. 170.
37. 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.
38. 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.
39. Inumet (Instituto Nacional de Meteorología, UY). 2022. Clasificación climática. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/clasificacion-climatica>

40. Luberriaga, J.; Robuschi, M. 2019. Respuestas a la intervención de un campo natural sobre la producción primaria y composición botánica. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 63 p.
41. Mason, R. L.; Miltimore, J. E. 1959. Increase in yield and protein content of native blue bunch wheat gram from nitrogen fertilization. *Canadian Journal of Plant Science*. 39(4): 501 - 504.
42. _____.; _____. 1969. Yield increases from nitrogen on native range in Southern British Columbia. *Journal of Range Management*. 22(2): 128 - 131.
43. Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastal, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage of tall fescue swards continuously grazed with sheep: 1. Herbage growth dynamic. *Grass and Forage Science*. 49(2): 111 - 120.
44. _____.; Marino, M.; Lattanzi, F.; Echeverría, H.; Andrade, F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el Sudeste bonaerense. *Boletín Técnico*. no. 143: 1 - 28.
45. Mezzalira, J.; Brugnara, A.; Centenaro, E.; Sartor, L.; Adami, P.; Fonseca, L. 2006. Campo nativo melhorado com adubação e introdução de leguminosas. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (21^a. 2006, Pelotas). Trabajos apresentados. Pelotas, s.e. s.p.

46. _____.; de Faccio Carvalho, P.; Kuhn, J.; Bremm, C.; Fonseca, L.; Fonseca, M.; Vizzotto, M. 2012. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. *Ciencia Rural* (Santa María). 42(7): 1264 - 1270.
47. MGAP. SNIG (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Sistema Nacional de Información Ganadera, UY). 2021. Datos actualizados basados en la Declaración Jurada de Existencias DICOSE – SNIG 2021. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ene. 2023. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/datos/datos-actualizados-basados-declaracion-jurada-existencias-dicose-snig-2021>
48. Millot, J.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, MAP. 199 p.
49. Pallarés, O.; Pizzio, R. 1994a. Introducción de especies para el mejoramiento del Campo Natural en el Sur de Corrientes – Argentina. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (14^{a.}, 1994, Salto). *Anales*. Montevideo, INIA. pp. 31 - 38. (Serie Técnica no. 94).
50. _____.; _____. 1994b. Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad: efecto de la carga animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (14^{a.}, 1994, Salto). *Anales*. Montevideo, INIA. pp. 133 - 140. (Serie Técnica no. 94).

51. 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.
52. Peñagaricano, J. 1995. Producción de lotus rincón sobre suelos de cristalino. In: Jornada técnica mejoramientos extensivos: manejo y utilización (1995, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Treinta y Tres, INIA. pp. 36 - 40. (Actividades de Difusión no. 75).
53. Perdomo, C.; Barbazán, M. 2012. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 72 p.
54. Pigurina, G.; Soares de Lima, J.; Berretta, E.; Montossi, F.; Pittaluga, O.; Ferreira, G.; Silva, J. 1998. Características del engorde a campo natural. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 137 - 145. (Serie Técnica no. 102).
55. 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.
56. Risso, F. 1994. Consideraciones sobre uso del nitrógeno en pasturas. In: Nitrógeno en pasturas: seminario de actualización técnica (1994, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63 - 64. (Serie Técnica no. 51).

57. _____.; 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: Riso, 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).
58. Rodríguez Palma, R.; Rodríguez, T.; Andión, J.; Vegnes, P. 2008. Fertilización de campo natural; respuesta en producción de forraje. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (22ª., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 147 - 148.
59. _____.; _____.; _____.; _____. 2009. Respuesta en producción animal a la fertilización de campo natural. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 13(3): 87. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/854/871>
60. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. 86 p.
61. Scaglia, G. 1995. Aspectos nutricionales en el uso de los mejoramientos. In: Jornada técnica mejoramientos extensivos: manejo y utilización (1995, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Treinta y Tres, INIA. pp. 19 - 25. (Actividades de Difusión no. 75).

62. Soares, A.; de Faccio, P.; Nabinger, C.; Semmelmann, C.; Kuhn, J.; Guerra, E.; de Freitas, T.; Pinto, C.; Fontoura, J.; Frizzo, A. 2005. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciencia Rural (Santa María)*. 35(5): 1148 - 1154.
63. Stuth, J.; Chmielewski, R. 1981. Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by the grazing animal. *Grass and Forage Science*. 36(1): 9 - 15.
64. Tothill, J. C. 1978. Measuring botanical composition of grasslands. In: Mannerje, L. ed. *Measurements of grassland vegetation and animal production*. Hurley, s.e. pp. 22 - 55.
65. _____, Hargreaves, J. N. G.; Jones, R. N.; McDonald, C. K. 1992. *Botanal: measuring the botanical composition of grazed pastures*. St. Lucia, Brisbane, Queensland, CSIRO. 24 p.
66. Whitehead, D. C. 1995. *Grassland nitrogen*. Wallingford, CABI. 397 p.
67. Wilman, D.; Wright, P. I. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 53(8): 387 - 393.
68. Zamalvide, J. 1994. Fertilización de pasturas. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). *Anales*. Montevideo, INIA. pp. 97 - 107. (Serie Técnica no. 94).
69. Zanoniani, R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.

70. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. *Agrociencia (Uruguay)*. 15(1): 115 - 124.
71. _____.; Lattanzi, F. 2017. Rol de las pasturas cultivadas en sistemas de producción basados en campo natural. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur - Grupo Campos (24^a., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 24 - 28.