

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL NIVEL DE INTERVENCIÓN EN CAMPO NATURAL
SOBRE LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN EL PERÍODO INVIERNO-
PRIMAVERAL

por

María Agustina DÍAZ PINTOS

Sabrina FRATTINI FRADE

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2021

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (PhD.) Pablo Boggiano

Ing. Agr. (MSc.) Felipe Casalás

Ing. Agr. (MSc.) Ramiro Zanoniani

Fecha: 13 de octubre de 2021

Autoras:

María Agustina Díaz Pintos

Sabrina Frattini Frade

AGRADECIMIENTOS

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

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

A nuestras familias por el apoyo continuo durante toda la carrera.

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

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOBRE CAMPO NATURAL.....	3
2.2. ESTUDIO DE LA INTERFAZ PLANTA-ANIMAL EN CAMPO NATURAL.....	6
2.2.1. <u>Efecto de la carga animal sobre la productividad primaria y secundaria</u>	9
2.2.2. <u>Antecedentes productivos del control de la oferta de forraje</u>	12
2.2.3. <u>Efecto del método de pastoreo sobre la producción animal</u>	15
2.3. EFECTO DEL AGREGADO DE NUTRIENTES Y/O INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN LA COMUNIDAD DEL CAMPO NATURAL.....	22
2.3.1. <u>Agregado de nutrientes</u>	23
2.3.2. <u>Introducción de especies</u>	29
2.4 EFECTO DEL AGREGADO DE NUTRIENTES Y/O INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN INTERACCIÓN CON LA CARGA ANIMAL SOBRE LA PRODUCTIVIDAD SECUNDARIA	31
2.4.1. <u>Agregado de nutrientes</u>	31
2.4.2. <u>Introducción de especies</u>	34
2.5. CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA PASTURA QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE ANIMALES EN PASTOREO	35
2.6. EFECTOS EN EL FORRAJE DISPONIBLE Y EL MATERIAL COSECHADO EN LA DIETA ANIMAL.....	39
2.7. HIPÓTESIS BIOLÓGICA	42
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	43
3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO DE EVALUACIÓN	43
3.2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	43

3.3. SUELOS	44
3.4. VEGETACIÓN	44
3.5. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES	45
3.6. TRATAMIENTOS	45
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL	46
3.8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	47
3.8.1. <u>Manejo experimental</u>	47
3.8.2. <u>Determinaciones en producción primaria</u>	48
3.8.3. <u>Determinaciones en producción secundaria</u>	50
3.9. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	51
3.10. MODELO ESTADÍSTICO	52
3.10.1. <u>Modelo estadístico de la pastura</u>	52
3.10.2. <u>Modelo estadístico producción secundaria y oferta de forraje</u>	54
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	57
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	57
4.1.1. <u>Temperatura y precipitaciones</u>	57
4.1.2. <u>Balance hídrico</u>	58
4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1	60
4.2.1. <u>Producción de forraje</u>	60
4.2.2. <u>Respuesta animal</u>	73
4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2	85
4.3.1. <u>Producción de forraje</u>	85
4.3.2. <u>Respuesta animal</u>	92
4.4. CONSIDERACIONES FINALES.....	98
5. <u>CONCLUSIONES</u>	101
6. <u>RESUMEN</u>	102
7. <u>SUMMARY</u>	104
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	106
9. <u>ANEXOS</u>	123

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
<p>1. Resumen de la significancia estadística del efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento*período; y los tres contrastes sobre la producción de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSDes), forraje disponible (MSD), altura promedio del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente promedio (Rem), altura promedio del forraje remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (MSDes) y el forraje desaparecido promedio en porcentaje (Des) para el total del período de evaluación del experimento 1...</p>	61
<p>2. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdTMS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (MSDes) para el total del período del experimento</p>	62
<p>3. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido en porcentaje (%Des) para el total del período</p>	63
<p>4. Efecto del período sobre la producción de MS (ProdTMS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSDes) y forraje desaparecido en porcentaje (%Des) para el experimento 1.....</p>	64
<p>5. Efecto del período sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y forraje desaparecido en porcentaje (Des).....</p>	65
<p>6. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdTMS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (msdes) para el período invierno.....</p>	65
<p>7. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y forraje desaparecido en porcentaje (%Des) para el período</p>	

invierno.....	67
8. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdTMS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (MSDes) el forraje desaparecido en porcentaje (%Des) para el período invierno- primavera.....	68
9. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido en porcentaje (%Des) para el período invierno-primavera	69
10. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdTMS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (MSDes) para el período primavera	70
11. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido en porcentaje (%Des) para el período primavera	72
12. Resumen de la significancia estadística del efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento*período; y los tres contrastes sobre la oferta de forraje (OF), ganancia media diaria (GMD) y forraje desaparecido en porcentaje (%Des)	73
13. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea ($G \cdot ha^{-1}$) en el total del período	74
14. Efecto del período para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea ($G \cdot ha^{-1}$)	78
15. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea ($G \cdot ha^{-1}$) en invierno	80
16. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea ($G \cdot ha^{-1}$)	

en invierno-primavera	82
17. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF, carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea ($G \cdot ha^{-1}$) en primavera.....	83
18. Resumen de la significancia estadística del efecto del tratamiento, período, interacción tratamiento*período y de la historia de fertilización sobre la producción de MS (ProdTMS), tasa de crecimiento (TC), forraje disponible (Disp), altura promedio del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente (MSR), altura promedio del forraje remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (MSDes) y el forraje desaparecido promedio en porcentaje (Des) para el total del período de evaluación del Experimento 2.....	86
19. Efecto del tratamiento sobre la producción de MS (ProdTMS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSDes) para el experimento 2 en el total del período.....	87
20. Efecto del tratamiento sobre la materia seca disponible (MSD), altura del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR) y el forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el Experimento 2 en el total del período.....	87
21. Efecto del período sobre la producción de MS (ProdTMS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSDes) para el Experimento 2	88
22. Efecto del período sobre el forraje disponible (MSD), altura del forraje presente a la entrada de los animales (altd), forraje remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), y el forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el Experimento 2	89
23. Efecto de la historia de la fertilización sobre la producción de MS (ProdTMS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido total (MSDes) para el Experimento 2	90
24. Efecto de la historia de la fertilización sobre el forraje disponible (MSD), altura del forraje presente a la entrada de los	

animales (AltD), forraje remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR) y el forraje desaparecido en porcentaje (DES) para el Experimento 2	92
25. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y la historia de la fertilización sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie ($G.ha^{-1}$) del Experimento 2 en el total del período evaluado	92
26. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por superficie ($G.ha^{-1}$) para el Experimento 2	93
27. Efecto del período sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por superficie ($G.ha^{-1}$) para el Experimento 2	95
28. Efecto de la historia de fertilización sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por superficie ($G.ha^{-1}$) para el Experimento 2	97

Figura No.

1. Relación entre materia seca ofrecida en porcentaje del peso Vivo (MSO %PV y materia seca remanente ($kg.ha^{-1}$ MS) en un campo natural pastoreado en forma continua y la ganancia media diaria (GMD y ganancia por ha).....	14
2. Croquis del sitio experimental en superposición con el mapa de suelos de la EEMAC.....	44
3. Croquis del área del experimento con bloques y sus respectivos tratamientos. Potrero 18	47
4. Evolución de PP. acumulada (mm) y T. media ($^{\circ}C$) en el año del experimento (2019) y en serie histórica (2002-2018)	57

5. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm.) y evapotranspiración real (ETR) con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%)	59
6. Relación entre ETP (mm) vs. ETR (mm), presentado en forma decádica abarcando período junio- diciembre	60
7. Ganancia media diaria animal ($\text{kg}\cdot\text{animal}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) en función de la oferta de forraje (% PV) según tratamiento en todos los períodos evaluados	77

1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas naturales representan la riqueza básica del país, constituyendo el principal recurso forrajero de la producción extensiva, mostrando un descenso en área ocupada del 80% al 60% entre 1990 y 2011 (MGAP. DIEA, 2011), sobre la que se sostiene directa o indirectamente la producción de carne y lana de Uruguay.

Las mismas están distribuidas sobre un mosaico de suelos diferentes, caracterizado por una diversidad florística, que difieren en ciclos de producción, hábitos de crecimiento, fisiología y calidad, definiéndolas así como el recurso de mayor estabilidad y resiliencia, donde la cobertura vegetal adquiere una estructura heterogénea en tiempo y espacio, generando características particulares según condiciones edáficas y climáticas (Milot, 1991), sin embargo poseen una producción que varía a lo largo del año, asociada a una concentración en primavera-verano y una baja calidad del mismo.

La alta variabilidad estacional de la producción de forraje determina variaciones estacionales en la ganancia de peso de los animales, asociado a la cantidad y calidad de forraje disponible, afectando directamente el resultado económico de los sistemas ganaderos, comprometiendo seriamente su sustentabilidad desde el punto de vista económico.

Teniendo conocimiento que uno de los factores que afecta la producción secundaria de los sistemas ganaderos pastoriles es la carga y que la relación que existe entre ambas es lineal y positiva (Bendersky, 2009), se requieren estrategias para incrementar la carga mediante el aumento de la producción y calidad de forraje sin reducir la cobertura del suelo ni las especies de mayor valor forrajero.

Para aumentar la producción otoño invernal del campo natural hay que elevar la disponibilidad de nitrógeno para las plantas, el cual se encuentra a niveles muy bajos en ese período del año. Para esto se puede recurrir al agregado de nitrógeno en forma de fertilizante o a través de la fijación biológica con siembras de leguminosas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta en producción de peso vivo y cambios en la composición botánica del forraje disponible sobre un campo natural del litoral

del país con tratamientos de agregados de fertilizantes y/o especies de leguminosas.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar la producción animal de vaquillonas en pastoreo con diferentes gradientes de intensificación del campo natural.

Evaluar el efecto del agregado de nutrientes y/o leguminosas en la capacidad de carga y composición del forraje disponible sobre la performance individual.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOBRE CAMPO NATURAL

La introducción de la ganadería vacuna en los años 1611-1617 y posteriormente la del ovino, determinó que ocurrieran cambios en la vegetación original, con la reducción de algunas especies y la aparición de otras que fueron traídas por los colonizadores, donde el pastoreo ha contribuido de forma significativa, dando origen al mosaico que hoy predomina en los suelos, condicionando desde entonces la producción de biomasa (Pereira, 2011).

Las pasturas naturales representan la riqueza básica del Uruguay, siendo su objetivo no sólo salvaguardar el suelo, patrimonio nacional insustituible, sino que también constituyen el principal recurso forrajero de la producción extensiva, mostrando un descenso en área ocupada del 80% al 60% entre 1990 y 2011 (MGAP. DIEA, 2011), donde la producción de carne se desarrolla en 10.517.836 ha., 64,3% (MGAP. DIEA, 2011). Por esta razón, Uruguay es considerado un país ganadero por excelencia, donde las carencias que presentan sus pasturas naturales están dadas por las fluctuaciones en la producción de forraje como consecuencia de factores de conocida variabilidad como es el clima y el suelo (Millot, 1991).

El campo natural constituye debido a su diversidad, un recurso muy estable y resiliente, caracterizado por una gran heterogeneidad florística, donde la cobertura vegetal adquiere una estructura heterogénea en espacio y tiempo.

Esto determina producciones anuales entre 800 y 4000 kg.ha⁻¹ de materia seca (MS) para suelos superficiales sobre Basalto y suelos profundos sobre capas de Fray Bentos respectivamente (Carámbula, 2008) y según Berretta y Bemhaja (1991), los rendimientos en producción de MS en el país varían entre 2500 y 5000 kg.ha⁻¹.año⁻¹, pese a esto, imprimen características comunes a los mismos:

Posee una amplia riqueza de especies, conformado por más de 350 especies gramíneas (Del Puerto, citado por Millot, 1991), que difieren en ciclos productivos, hábitos de crecimiento, fisiología y calidad, lo que les confiere a los sistemas ganaderos una gran estabilidad frente a diferentes fenómenos adversos, confiriéndole una naturaleza resiliente. Sin embargo, este hecho también significa un desafío ya que su manejo es más complejo debido a que éstas son exploradas por los animales en pastoreo libre, concentrando su acción sobre las especies preferidas, contribuyendo así a la reducción de las

especies más productivas y palatables en las pasturas naturales (Millot et al., 1987).

Predominancia de especies de bajo valor nutritivo y aumento de los agentes erosivos por reducción de la densidad del tapiz, consecuencia de un uso no sustentable y de un manejo abusivo constituyendo parte del proceso de degeneración que ocurre en los campos en su mayoría dado por la sobrecarga y en menor medida por la quema reiterada e inadecuada.

En referencia a lo mencionado, Carámbula (1991) sostiene que se ha producido un proceso de sustitución de las especies tiernas y finas por especies ordinarias y malezas, esto constituye un proceso de degradación, provocado por un manejo pastoril abusivo e irracional, debido a que las pasturas naturales del Uruguay han soportado dotaciones excesivas y un manejo inadecuado, lo cual ha conducido a que en la actualidad las pasturas se caractericen por ser muy resistentes al pisoteo y a defoliaciones, pero con una reducción importante en la fitomasa con cambios desfavorables en su composición botánica. Es así, entonces, que hoy en día, se encuentra en su límite de capacidad de sostenimiento.

En la misma línea se percibe un incremento de especies adaptadas a ambientes secos, con morfología de hojas alargadas y estrechas como los espartillos (*Stipa charruana*) y flechillas (*Stipa setigera*), dependiendo el grado de aparición del tipo de suelo, así como la adaptación de especies extranjeras que han pasado a integrar, en forma adaptada, los tapices, un ejemplo de esto, lo son el raigrás (*Lolium multiflorum*) y el trébol carretilla (*Medicago polymorpha*). De igual forma, como consecuencia de un manejo inapropiado, se evidencia una invasión parcial de malezas de mediano y alto porte, fundamentalmente por desajustes prolongados de carga animal que determinaron el avance de arbustos, subarbustos, pajas de maciegas y hierbas espinosas.

Con respecto a la cobertura vegetal de leguminosas o tréboles nativos, es baja, su proporción en los tapices raramente supera el 5%, caracterizándose éstas por muy baja productividad, pero de gran aporte nutritivo. La escasa presencia se debe fundamentalmente al bajo contenido de fósforo en los suelos. Se encuentra frecuente y en abundancia el trébol de campo (*Trifolium polymorphum*) y la babosita (*Adesmia bicolor*).

La estacionalidad de la producción del campo natural uruguayo es una característica muy manifiesta. Para todos los suelos del Uruguay, la menor producción de forraje se produce en invierno, y en forma muy marcada, debido a las bajas temperaturas y al sobrepastoreo ejercido por los animales sobre las

especies invernales más productivas, que sufren irremediamente una defoliación extenuante en plena crisis invernal (Carámbula, 1991).

Según Ayala et al. (1993), ésta es la época en la cual la oferta de forraje es la principal limitante para la producción animal. Por el contrario, las especies estivales escapan a dicho efecto nocivo, ya que normalmente presentan un rebrote atrasado en primavera y su primer crecimiento se produce precisamente en momento de exceso de forraje (Rovira, 1996). A su vez, el pastoreo a carga continua alta ha provocado la degradación, por lo tanto, una disminución de la productividad del ecosistema pastoril (Zanoniani et al., 2011).

Pigurina et al. (1998) destacaron, debido a la alta variabilidad de la producción entre estaciones, variaciones en la ganancia de peso en la misma línea, altamente dependiente de la cantidad de forraje disponible, que interacciona con los requerimientos nutricionales de los animales en las diferentes estaciones, se refleja en los resultados obtenidos por los mismos autores en la ganancia media diaria/animal con cargas de $0,8 \text{ UG.ha}^{-1}$ y relación L/V 2:1, las cuales fueron $0,177$, $-0,151$, $0,797$ y $0,383 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente.

De igual forma, Carámbula (2008) enfatiza que el invierno, es período en el cual los bajos rendimientos de las pasturas restringen el consumo, generando así un déficit energético en los animales, condicionando así la producción de carne sobre campo natural en Uruguay, donde se observan pérdidas de peso animal, limitando el potencial de producción de los campos.

En la misma línea, Zanoniani (2009) asegura que la producción de forraje de un campo natural, sin aplicación de N y ofertas de forraje que difícilmente superan $3,0\%$, la productividad acumulada invernal corresponde a $2,56 \text{ kgMS.día}^{-1}.\text{ha}^{-1}$, supliendo el 26% de los requerimientos de una unidad ganadera, igualmente apoyado por Boggiano et al. (2005), quienes definen que las características antes mencionadas determinan una escasa productividad invernal, en promedio $4,4 \text{ kgMS.día}^{-1}.\text{ha}^{-1}$.

Esto se refleja en que el promedio nacional de producción anual en carne equivalente no supere los 70 kg.ha^{-1} (Risso, citado por Carámbula, 2008).

En el mismo orden, la baja productividad, se ve reflejada en el bajo porcentaje de procreo (63% , Simeone, 2002) como también en baja ganancias de peso vivo, provocando menos producción de carne por ha; afectando directamente el resultado económico de los sistemas ganaderos, comprometiendo seriamente su sustentabilidad desde el punto de vista económico (Aualpec, Carrau, Sotelo, citados por Simeone, 2002). Dos

herramientas fundamentales para incrementar esta baja producción en cantidad y calidad, son la refertilización y ajuste del método de pastoreo (Bermúdez y Ayala, 2005).

Muchas de las características mencionadas anteriormente, tienen como variable común más determinante e importante la carga, más allá de las condiciones edáficas y climáticas, siendo estructurador de las mismas, no existiendo sistema de pastoreo capaz de corregir errores sin la determinación correcta de la misma (Olmos 1990a, 1990b).

Morley, citado por Brizuela y Cibils (2011), considera que la carga animal es el mayor determinante de la producción por unidad de superficie. Le sigue la relación lanar vacuno y finalmente, el sistema de pastoreo; para estas dos últimas la jerarquización es discutida, pudiéndose alterar el orden. Estos tres factores afectan la composición botánica de las pasturas (Noy-Meir et al., Heady y Child, citados por Berretta, 1998a).

En la ganadería extensiva del país cohabitan en forma asociada y en la mayor parte del área, el vacuno y el lanar, formando una sociedad indisoluble dado que ambas especies se encuentran entrelazadas en cada predio bajo un sistema similar de trabajo, un ambiente de pastoreo de alta complejidad, quienes según Berretta (1996), obtienen su dieta de forma más o menos eficaz según se presente la estructura del tapiz, manteniendo la vegetación en fase pseudo climática herbácea.

En ese sentido, Carvalho et al. (2010) consideran los herbívoros como los ingenieros del ecosistema, de forma que el proceso de pastoreo necesita ser considerado de una forma más holística que simplemente como proceso de defoliación de la pradera.

2.2. ESTUDIO DE LA INTERFAZ PLANTA-ANIMAL EN CAMPO NATURAL

La principal determinante de la productividad animal es el consumo de forraje que explica entre el 60 a 90 % de la performance animal mientras que entre el 10 a 40 % es explicado por la concentración de nutrientes en el forraje consumido (Van Vuuren, 1994).

En este sentido, Nabinger y Carvalho (2009) mencionan la importancia del conocimiento analítico del proceso de construcción de la producción de pasto y del proceso de cosecha de forraje en pastoreo como fundamentales para comprender las relaciones causa-efecto entre plantas y animales producto de dichas interacciones, que son complejas y dinámicas, donde el disturbio

creado por la defoliación y por la frecuencia con que se realiza condicionan la fisiología de la planta.

Se considera una intervención antrópica a la conducción del pastoreo, dado que se determina la distribución temporal y espacial de los animales en la pradera, la especie, categoría utilizada y su dotación.

De este modo, el hombre es quien define las estrategias de pastoreo, por ende, la naturaleza y el impacto del mismo sobre los compartimientos suelo y planta, están determinando la dirección de la sucesión vegetal (Cruz et al., 2010), el flujo de nutrientes (Conte et al., 2011), el flujo de energía vía capacidad de absorción del carbono atmosférico (Nabinger, 2002), además de la producción animal (Maraschin, citado por Nabinger et al., 2011).

Asimismo, Lemaire y Chapman, Cruz y Boval, Freitas, citados por Nabinger y Carvalho (2009), exponen un modelo conceptual en el cual se consideran las condiciones del medio (temperatura, agua, radiación solar, fertilización, etc.) y de manejo (frecuencia e intensidad de defoliación) afectando la morfogénesis, que a su vez altera las características estructurales del pasto, determinando el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo.

En referencia a los factores del medio que modifican la morfogénesis de las pasturas, Ayala et al. (1993), consideran que las variaciones entre años de la distribución estacional de las pasturas están dadas, principalmente, por las precipitaciones y no por la temperatura, siendo el invierno y principios de primavera los que presentan menor variación. Así mismo, afirman que la variabilidad de las precipitaciones afecta la tasa de crecimiento de las pasturas, por ende, repercute directamente en la productividad de estas. Por otra parte, las temperaturas óptimas de crecimiento para especies C_3 y C_4 son de 20 y 25°C respectivamente (Cooper y Tainton, citados por Larratea y Soutto, 2013).

Gomes de Freitas et al., citados por Olmos (1992), consideran que la producción de forraje tenía una relación directa con la temperatura e inversa con el déficit hídrico.

Como se mencionó anteriormente, los atributos morfogenéticos de las plantas forrajeras determinan la arquitectura de la planta y afectan la accesibilidad de los animales al forraje. La morfología de estas, a su vez, afecta la estructura y funcionamiento de las poblaciones y comunidades, determinando las interacciones competitivas entre las especies y entre individuos de una misma especie. El pastoreo altera esas relaciones competitivas al defoliar diferencialmente a las distintas especies, modificando la expresión de los

mecanismos de rebrote, a favor de unas y en detrimento de otras (Nabinger, 2006).

El pastoreo a través de su frecuencia e intensidad, y la estructura y estado de desarrollo de la pastura al momento de pastorear, influyen altamente en el desempeño de la misma, tanto en calidad como en cantidad de producción a corto y largo plazo (Bransby et al., citados por Apezteguía et al. 1992, Ayala y Bermúdez 2005), así como la composición botánica, repercutiendo de forma diferencial en la estacionalidad de la producción de la pastura y, por consiguiente, la producción animal.

Asimismo, Altesor et al. (2005), sugieren que el pastoreo logra un aumento en la productividad primaria neta a través de un efecto en la absorción de la luz, ya que impide la acumulación del material senescente y también modifica las condiciones microambientales alterando la absorción de agua y nutrientes.

En términos muy generales, la defoliación determina una disminución instantánea de la actividad fotosintética y consecuentemente del nivel de energía disponible para la planta (Simpson y Culvenor, 1987).

La maximización de la velocidad de refoliación se sustenta en un factor morfológico, en primera instancia del número de puntos de crecimiento activos remanentes después de una defoliación y en otro fisiológico, la disponibilidad de energía para los mismos, que son determinantes de las tasas de rebrote (Harris 1978, Smethan 1990).

En la misma línea, la obtención de altas tasas de rebrote están condicionadas por el horizonte de pastoreo adoptado, con relación a la posición en el estrato vertical del tapiz de los distintos tejidos meristemáticos (Booyesen et al., Smith, Smethan, Chapman y Lemaire, citados por Formoso, 1996).

La frecuencia del pastoreo es la herramienta principal que determina la composición botánica de la pastura. Las pasturas naturales pastoreadas intensamente, presentan un número de especies inferior a 20; para aquellas con pastoreo semi intensivos este número está comprendido entre 20 y 30, mientras que con pastoreo poco intenso habría entre 30 y 50, hasta llegar a más de 50 en pasturas utilizadas de modo extensivo (Nabinger et al., 2007).

La composición botánica del campo natural se caracteriza por ser heterogénea, en virtud de lo mencionado, existe una importante selectividad por parte de los animales al momento de consumir la pastura, y como consecuencia, afecta tanto a la productividad animal como a la evolución del

mejoramiento (Hodgson, citado por Montossi et al., 1996). Así, McNaughton, citado por Berretta (1996), afirma que los animales prefieren ciertas comunidades dentro del mismo potrero, consumiendo aquellas zonas donde la vegetación es de mayor calidad.

Dicha selectividad no solo repercute en la producción animal, sino que también se realiza una defoliación desuniforme de la pastura (Harris, citado por Carámbula, 1996b).

2.2.1. Efecto de la carga animal sobre la productividad primaria y secundaria

La dotación o número de animales por ha, es uno de los factores más importantes en determinar el rendimiento, la estabilidad de pasturas y la productividad animal (Milot et al., 1987). En la misma línea, Escuder (1997), considera que el número adecuado de animales en una pastura tiene mayor peso relativo dado sus efectos directos y por la interacción que generalmente se observa con otras estrategias de manejo.

La carga animal que un campo soporta es consecuencia potencial de producción de su vegetación (Berretta, 2003), siendo la principal responsable de la intensidad de pastoreo de las pasturas y condiciona la utilización de los recursos disponibles para las plantas. De igual forma, la carga de un campo está dada por los kilos de carne presentes, en un momento y en una superficie dada sin deteriorar el recurso en el tiempo (Allen, citado por Berretta, 1996). Es una definición más precisa que la de dotación, que refiere a un número de animales por unidad de superficie, sin considerar las variaciones en el peso de estos.

El comportamiento individual y la producción por ha, guardan una relación prácticamente lineal con carga animal, en el rango de valores de relevancia económica (Morley, citado por Milot et al., 1987).

Pallarés y Pizzio (1994), evaluando la carga óptima del campo natural, encontraron que, por cada unidad de incremento de la carga, la ganancia de peso/animal se redujo en 6,8 kg, determinando que la variación de la ganancia de peso entre años con carga alta fue muy importante, dependiendo de las condiciones climáticas, y cuando son adversas las ganancias de peso caen bruscamente.

Cid y Brizuela, VanSoest, citados por Brizuela y Cibils (2011) describieron situaciones de utilización de pasturas en manchones a diferentes cargas de vacunos, tanto en pastoreo continuo como rotativo, presentando en ambos casos un uso diferencial del tapiz, siendo compleja la respuesta de la

vegetación. Dicha heterogeneidad del tapiz vegetal lleva a la selección, lo que contribuye a la reducción de las especies de mayor productividad, ya que continuamente son seleccionadas por el animal (Milot et al., 1987).

Siguiendo igual lineamiento, Coughenour, citado por Brizuela y Cibils (2011) considera que las decisiones de qué y cómo pastorear tienden a generar patrones agregados de distribución animal que se traducen en una falta de uniformidad en el uso del ambiente. La vinculación entre estas dos variables, carga animal y disponibilidad de pasto (oferta de forraje = kg de materia seca por 100 kg de peso vivo por día) es el determinante de la intensidad de pastoreo.

De acuerdo a la teoría de Milchunas et al., citados por Nabinger et al. (2011), pequeñas alteraciones en la intensidad de pastoreo en ecosistemas de clima sub-húmedo y con historia relativamente corta de co-evolución con la herbivoría como es el caso en las praderas naturales del cono Sur de América, determinan profundas alteraciones en la diversidad. De una manera general esa diversidad es relativamente baja con intensidades de pastoreo muy altas o muy bajas, y la amplitud óptima es muy estrecha.

Las evidencias muestran que el pastoreo puede aumentar o disminuir la productividad primaria neta aérea (PPNA), Altesor et al. (2005) encontraron un aumento del 51% bajo condiciones de pastoreo. La diferencia en producción de forraje total con intensidades de 2,5 cm y 7,5 cm alcanza un 16%. Esto se debe a que los manejos más intensos (2,5 cm) permiten un mayor aprovechamiento del crecimiento de los estratos inferiores, y los más aliviados (7,5 cm) no logran pastorear dichos estratos, generando un envejecimiento paulatino de la pastura, y por ende, una pérdida del forraje producido (Bermúdez y Ayala, 2005).

En el bioma Campos, el pastoreo promueve un aumento de la riqueza de especies de plantas, aumentan las gramíneas con crecimiento postrado y las hierbas nativas no palatables (Sala et al. 1986, Sala 1988, Altesor et al. 1998, Chaneton et al. 2002, Rodríguez et al. 2003).

Con relación a la composición florística, el pastoreo genera la sustitución de algunas especies y de la capacidad de adaptaciones morfológicas y plásticas de otras frente a la intensidad de defoliación. La intensidad de pastoreo es la principal determinante de las variables morfogénicas que caracterizan el tamaño de la hoja y la densidad de macollos y, en consecuencia, el IAF promedio del dosel. En alta intensidad de pastoreo, especies cespitosas y de baja plasticidad ceden espacio a aquellas que presentan mecanismos de escape y/o mayor plasticidad y pasan a dominar el tapiz. Es el caso de *Paspalum notatum*, especie estolonífera, cuya cobertura

relativa pasó del 27% en altas ofertas a 63% con bajas ofertas (Girardi-Deiro, Gonçalves, citados por Nabinger et al., 2011).

Al contrario, con bajas intensidad de pastoreo pasan a predominar las cespitosas. Resultados similares son reportados por Martínez-Crovetto, Rosito e Maraschin, Souza, Boldrini, Thurow et al., citados por Nabinger et al. (2011) en diferentes regiones del Sur de Brasil. Así, son creadas distintas estructuras de vegetación en la pradera, que condicionan por su vez el comportamiento del animal en pastoreo.

Tras un pastoreo ininterrumpido, se pudo observar que si bien la riqueza de especies aumenta de manera significativa, el reemplazo de las mismas disminuyó notablemente su calidad forrajera. Altesor et al. (1998) estudiaron las áreas descritas por Gallinal et al. (1938) y constataron que en ese año el 79% de las especies registradas pertenecían a la familia Poaceae, mientras que en 1990 éstas alcanzaban sólo el 48% de las especies registradas. El tipo de especies que se incrementaron fueron hierbas con crecimiento en roseta, arbustos o gramíneas postradas, todas ellas con algún tipo de mecanismo físico, químico o de forma de crecimiento para evadir la herbivoría.

Existe además, diferencias importantes en la respuesta al aumento de cargas debidas a la duración del período de pastoreo y al potencial animal. Es distinto el efecto de la carga que se obtendrá cuando aumenta la dotación con animales en crecimiento, que cuando se hace con vacas u ovejas adultas que pueden movilizar reservas para compensar subnutrición (Millot et al., 1987).

En cuanto al efecto de la carga animal sobre el consumo, Soca et al. (1998) observaron que hay menor cosecha de forraje cuanto menor es la intensidad de pastoreo (mayor oferta de forraje), teniendo como consecuencia una mayor altura de forraje remanente.

Según Mott (1960), si la pastura se encuentra por debajo de su óptimo de capacidad de carga, las ganancias por animal son mayores, ya que los animales tienen la capacidad de seleccionar y obtener una dieta de calidad pero con una acumulación de forraje que no es utilizado, sobrepastoreando las partes más tiernas y verdes del potrero.

En el corto plazo, estos excedentes constituyen reservas en pie que son parcialmente aprovechadas en épocas de escasez de forraje, especialmente en invierno, pero con muy bajas ganancias o leves pérdidas de peso (Berretta et al. 1990, Formoso y Gaggero 1990). Como contraparte, si la carga se encuentra por encima de su óptimo o la cantidad de forraje disponible se reduce, la

ganancia animal cae rápidamente consecuencia de un menor plano de nutrición, perjudicando la pastura, provocando un aumento en la producción de carne por ha de pastoreo, debido a que mejora la utilización del forraje cosechado.

Cuando la intensidad de pastoreo es elevada y la estructura es baja, los animales pastorean a un ritmo acelerado, por más tiempo, caminan más y de forma más rápida y realizan menor número de sesiones de pastoreo, pero de mayor duración (Nabinger y Carvalho, 2009) con un mayor consumo de energía por ha, aunque a nivel del animal, individual sea menor.

En muchos casos, la mayor productividad animal por ha, sería consecuencia de la mayor utilización y no necesariamente de más altos rendimientos de forraje (Millot et al., 1987). Es por esta razón que las presiones de pastoreo tienen que ser relativamente bajas para obtener una alta producción de carne animal. Si bien esto asegura un rápido crecimiento animal, falla en la utilización eficiente de la pastura (Hodgson et al., 1971), de igual forma Cangiano (1997) indica que la presión de pastoreo está relacionada a la eficiencia de utilización a través del consumo, factor de mayor peso sobre la producción animal.

2.2.2. Antecedentes productivos del control de la oferta de forraje

Armstrong et al. (1995) demostraron que, no sólo el nivel de oferta del forraje actual, sino también el manejo y las condiciones anteriores de pasto, definen, en parte, la producción animal.

Maraschin et al. (1997), para campos naturales de Río Grande del Sur, presentaron que la curva de ganancia media diaria (GMD) acompaña la curva de producción de materia seca (MS), siendo la máxima GMD obtenida a un nivel de 13,5% de oferta (OF) y el aumento de esta a partir del 4% determina un aumento de la ganancia individual de novillos hasta 11,5% de OF determinando mayor producción animal por área, decreciendo ligeramente con aumentos posteriores de OF.

Esa mejor utilización de la radiación solar se presenta por Nabinger et al. (2011), la cual se estimó a través del balance de energía en los diferentes niveles de oferta de forraje del trabajo referido por Maraschin et al. (1997) que el pasaje de una oferta de 4 para 12% determinó el aumento de 80% en la eficiencia de uso de la radiación solar para producción de pasto, en cambio cuando se relaciona en función de la producción animal, el aumento de eficiencia fue de 89%.

Asimismo, Maraschin, citado por Nabinger et al. (2011) sugiere la posibilidad de alcanzar los 140 kg de producción animal por hectárea y por año al mantener el nivel de OF de forraje en 12%.

En el mismo orden, Fonseca do Amaral et al. (2008), observaron que el mejor desempeño animal se obtuvo con OF de 8% en primavera y 12% en el resto del año. Con dichas OF se alcanzaron ganancias de $0,346 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en el promedio anual. No obstante, cuando las OF son bajas (4%) durante todo el año, éstas descienden a valores de $0,036 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$.

La respuesta en producción animal a las intensidades de pastoreo, representada por la masa de forraje presente se observa en la siguiente figura (Figura 1). Según Setelich y Correa, citados por Soares et al. (2005), la respuesta a la OF dada por la ganancia media diaria (línea continua) y en la ganancia de peso vivo. ha^{-1} (línea punteada), tuvo un comportamiento cuadrático en primavera al variar la OF de 4 a 16% a lo largo del año. Ambos autores obtuvieron que las máximas ganancias en primavera se logran con una OF alrededor al 12%. La producción de MS y la tasa de crecimiento de forraje son más altas cuando se disminuye la oferta de forraje para 8% en primavera y se mantiene en 12% el resto del año (8-12%). A dicha OF, la producción de MS alcanzó entre 1200 y $1400 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{estación}^{-1}$, permitiendo una ganancia de $0,679 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y 117 kg.ha^{-1} .

Con dichos niveles de OF (8-12%), se obtiene la mayor ganancia diaria por animal en el período de invierno, atribuido a la mayor calidad de forraje al inicio de esa estación.

A diferencia de los anteriores autores, Soares et al. (2005) encontraron mayor tasa de crecimiento de forraje de 8-12%, no difiriendo de OF de 8%.

Por otro lado, Soares et al. (2005) obtuvieron que la ganancia media diaria por animal estacional no tiene interacción con la OF. En el promedio de distintas OF (entre 8% y 16%), la máxima ganancia se obtuvo en primavera, siendo esta de $0,735 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$, y mínima en invierno, con pérdidas de peso de $-0,046 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$.

Neves et al. (2009) concluyeron que la variación estacional de OF de forraje, particularmente el aumento de oferta después de la primavera tiene impactos positivos sobre la producción primaria y secundaria.

Mezzalira et al. (2008) concluyeron que por encima del 12% del peso vivo (PV), los intervalos de pastoreo en días que se demora a retornar sobre una misma macolla o tallo son mayores que la tasa de aparición foliar,

determinando la formación de maciegas, las cuales son rechazadas por los animales.

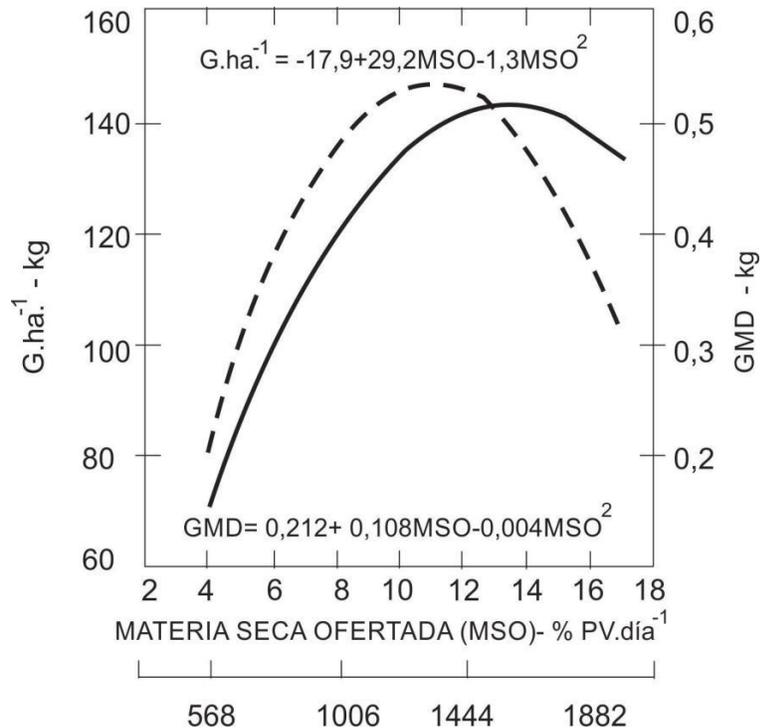


Figura 1. Relación entre materia seca ofrecida en porcentaje del peso vivo (MSO %PV) y materia seca remanente (kg.ha⁻¹ MS) en un campo natural pastoreado en forma continua y la ganancia media diaria (GMD) y ganancia por ha

Fuente: tomado de Maraschin et al. (1997).

De igual forma, Deregibus, citado por Zanoniani (2009), plantea que las altas OF generan una intercepción completa de la luz modificando la calidad de la luz (R/RL) que llega a la base de la pastura, reducen el macollaje y genera una disminución en la densidad de macollos. Una de las principales causas que disminuyen el consumo animal es la gran cantidad de material muerto presente en la pastura, lo que impide que el animal coseche el material verde, según Poppi et al., citados por Montossi et al. (2000). Esto lleva, según Sevrini y Zanoniani (2010), a que el animal selecciona una dieta de mejor calidad cuando las OF son altas, y esta mayor oferta provoca un mayor remanente de forraje, aumentando la tasa de senescencia total por macolla.

Ese efecto fue demostrado por Carvalho et al., citados por Nabinger et al. (2011), analizando la respuesta de una pradera natural a distintos niveles de

oferta de forraje. Con OF de 4% la diversidad es baja, aumentando con ofertas de forraje por encima del 8% maximizándose con OF del 12%. El aumento de la diversidad florística se evidencia por la presencia creciente de matas de *Andropogon lateralis* y *Aristida* spp., entre otras.

Pinto, citado por Nabinger et al. (2011) también demuestra resultados similares en la misma vegetación pasados 22 años de aplicación de los tratamientos de oferta. Especies de hábito postrado como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*, *Stylosanthes montevidensis*, estuvieron asociadas a los tratamientos con menor oferta. Mayor diversidad fue observada en los tratamientos con oferta intermedia en donde se observó presencia de especies invernales como *Briza poaemorpha*, *B. subaristata*, *Piptochaetium lasianthum*, *Piptochaetium montevidense* y aumento de leguminosas como *Desmodium adscendens*, junto con la presencia de especies estivales cespitosas como *Andropogon lateralis*, *Aristida laevis*, *Schizachyrium microstachyum*.

2.2.3. Efecto del método de pastoreo sobre la producción animal

Un método de pastoreo es un procedimiento de manejo del pastoreo diseñado para alcanzar un objetivo específico (Allen, citado por Brizuela y Cibils, 2011). Por su parte, un sistema de pastoreo es una combinación más compleja, donde se vinculan animales, plantas, suelo, otros componentes ambientales y métodos de pastoreo, mediante la cual el sistema de producción es manejado para alcanzar resultados u objetivos específicos (Brizuela y Cibils, 2011).

En cualquier sistema ganadero, uno de los aspectos fundamentales sobre el que el productor puede decidir, es el manejo de pastoreo, el cual implica cierto grado de control sobre el área de pastura asignada por determinado tiempo a cierto número de animales, de una o más especies y categorías (Milot et al., 1987).

El pastoreo continuo (PC) y el pastoreo rotativo (PR) representan dos métodos contrastantes en cuanto a la conducción de los animales en pastoreo (Brizuela y Cibils, 2011).

Jacobo et al., citados por Brizuela y Cibils (2011), mencionan que el PC es más frecuentemente implementado en pastizales, considerado como el factor determinante de la degradación de los pastizales de la Pampa Deprimida. Su implementación ha llevado a una reducción en la abundancia de especies invernales de alto valor nutritivo, a una invasión de malezas exóticas y a un aumento de suelo desnudo, todo lo cual ha llevado a una reducción de la

receptividad de los pastizales, de la respuesta animal y de la rentabilidad de los sistemas productivos (Deregibus et al., citados por Brizuela y Cibils, 2011).

En dicho método de pastoreo, los potreros presentan distancias entre sus límites muy grandes o donde directamente estos no están materializados. El mismo, implica la presencia continua de los animales en una superficie dada, pero ello no lleva implícito una defoliación severa y/o constante de componentes individuales del tapiz, excepto que éste sea heterogéneo, que la disponibilidad sea reducida, de la tasa de crecimiento o que la dotación usada sea excesiva (Vizard y Foot, citados por Brizuela y Cibils, 2011).

En la misma línea, Millot et al. (1987), definen al PC como aquel en que un número más o menos fijo de animales permanecen todo el año en un potrero, pudiendo tener alivios parciales en determinados momentos del año. En un establecimiento este manejo requiere pocos potreros y por lo tanto menos inversiones de alambrados y aguadas, siendo la medida de manejo más elemental. Si bien es posible lograr buenos rendimientos de producto animal es necesario un adecuado ajuste entre la dotación asignada y la producción de forraje, lo que reviste cierta complejidad en vista de los largos períodos de tiempo involucrados.

Por su parte, Millot et al. (1987) consideran al pastoreo controlado como aquel que implica un movimiento alternativo del ganado entre dos o más potreros, permitiendo un período de descanso variable y no sistemático entre pastoreos. En términos generales este manejo tiende a contemplar más los requerimientos de los animales que los de la pastura, excepto cuando es para semillazón.

El concepto de pastoreo rotativo surge cuando una superficie está dividida en dos o más unidades de pastoreo, considerado por Brizuela y Cibils (2011), como el pastoreo de dos o más pasturas (potreros o subdivisiones) en secuencia, seguido por un período de descanso para la recuperación y rebrote de la vegetación pastoreada. En la misma línea, se introduce el tiempo como variable de manejo tanto para la duración del pastoreo como para el descanso, el tiempo es gobernado por la tasa de crecimiento de la pastura, la cual varía de acuerdo con las condiciones ambientales, la carga animal utilizada y el número de subdivisiones disponibles para pastorear. El número de animales pastoreando cada subunidad puede ser fijo o variable.

De igual forma, Millot et al. (1987), definen el pastoreo rotativo al movimiento periódico y secuencial del ganado entre un número variable de potreros, implicando períodos definidos de ocupación y descanso. El mismo tiene como finalidad poder utilizar la pastura en el momento que se alcanza un

equilibrio tal, que se obtienen altos rendimientos de MS y un máximo valor nutritivo (Carámbula, 2008).

Con relación a lo mencionado, Bransby y Maclaurin, citados por Brizuela y Cibils (2011) mostraron la poca incidencia que tiene el número de subdivisiones sobre la longitud del período de descanso, cuando dicho número supera un cierto rango (6 a 8 subdivisiones). Por tanto, se estima que en pasturas perennes implementar pastoreos rotativos con gran número de subdivisiones tendría poca utilidad, a excepción del pastoreo rotativo en franjas.

Las tres ventajas más importantes que se esgrimen a favor del PR en relación al PC son que: 1) mejora la persistencia de las plantas, 2) ofrece la oportunidad y visualización para conservar excedentes de forraje, y 3) permite una más oportuna utilización del forraje, justificándose su implementación en pasturas de alto potencial productivo, permitiendo un control más exacto del forraje disponible y un mejor ajuste de la asignación de forraje (Milot et al., 1987).

Pasturas heterogéneas con presencia de especies altas y postradas y con distinto grado de palatabilidad por el ganado, como las pasturas naturales, resultaron favorecidas por un manejo rotativo que, al concentrar cargas instantáneas más o menos altas, promueven una cosecha mayor, más rápida y uniforme, disminuyendo la selectividad animal y consumo diferencial de especies, repercutiendo en el producto animal. En esta línea, McMeekan, Walsh, citados por Milot et al. (1987), en numerosas oportunidades evidenciaron una interacción entre carga animal y manejo del pastoreo, donde la rotación ha permitido trabajar con mayor carga y con mejor comportamiento animal, resultando en mayor producción por ha., aun cuando a partir de cierto punto la ganancia individual decrece.

Contradictoriamente a lo anterior, los resultados logrados a partir de los 80's mostraron que las pasturas presentan mecanismos homeostáticos y que el manejo particular de defoliación de algunas especies tiene poca influencia sobre la producción neta de la pastura (Hodgson et al., citados por Brizuela y Cibils, 2011). Asimismo, se reconoce que las diferencias de defoliación entre pastoreo continuo e intermitente son en ciertos tipos de pasturas (Brizuela y Cibils, 2011).

Bien conducidos ambos métodos de pastoreo (continuo o rotativo) son en realidad sistemas de defoliación intermitentes, y donde lo fundamental es que en un caso (rotativo) la frecuencia de defoliación impone el que conduce el pastoreo y la carga aplicada, en el otro caso (continuo) la misma es

establecida por el animal, también en función de la carga aplicada (Brizuela y Cibils, 2011).

El pastoreo rotativo bajo condiciones de defoliación espaciada aumenta la producción de la pastura. Esto se explica dado que la tasa de crecimiento del rebrote aumenta al incrementarse el IAF, dado la correlación existente entre tasa de crecimiento y radiación interceptada, por lo que se procura alcanzar IAF tales que permitieran lograr una interceptación de luz casi total y por lo tanto una producción máxima de forraje. Sin embargo, en la práctica, la aplicación de dichas estrategias conducen a un debilitamiento o raleo de las pasturas, acompañado de una disminución de la producción y de la relación tejido verde:seco (Escuder, citado por Brizuela y Cibils, 2011).

Berretta (2005b), en suelos de Basalto, demostró que los tratamientos con carga rotativa presentaron una producción de forraje no significativa de 11% superior que los tratamientos con carga continua, esto se debe a una mejor recuperación de la planta, que a su vez genera una mejor calidad del forraje, gracias a una menor cantidad de material muerto y mayor producción de energía digestible. Además, se promueve la floración y semillazón de las especies (Berretta 2005b, Carámbula 2008).

El empleo de un manejo rotativo permitiría una mayor estimación de las variaciones en cantidad de forraje en oferta, facilitando su asignación en forma más ajustada a los animales, lo que implica un mejor control y facilita el logro de más producto animal. Existen numerosas variantes del método que hacen posible su integración a distintos sistemas de producción con grados variables de intensificación (Millot et al., 1987).

Del mismo modo Millot et al. (1987) sugieren que, en todas las variantes del pastoreo rotativo, es relevante alcanzar altos grados de utilización en un breve plazo, para evitar el consumo de nuevos rebrotes, lo que depende en gran medida de la composición y potencial de la pastura y su interacción con las condiciones ambientales.

Por su lado, Frame (1992) consideró que el PR determinó un aumento en la contribución a la biomasa total de las especies de mayor valor forrajero (ej. raigrás anual) y una disminución de aquellas con bajo valor forrajero y del suelo desnudo. Lo anterior se tradujo en una mejora de la condición del pastizal y esto hizo posible cubrir mejor los requerimientos fisiológicos de los animales. Igualmente se observó una disminución gradual en la digestibilidad del forraje disponible con el avance del estado fenológico de las especies a través de la estación de crecimiento, como consecuencia de una mayor acumulación de

restos secos contribuyendo como reserva de forraje en pie durante invierno (Berretta, 2005).

En general, el PR en regiones templadas es algo superior (8- 10%) al PC en la producción de carne y leche por unidad de superficie, aunque diferencias de esa magnitud generalmente no han sido estadísticamente significativas (Kothmann, Matches y Burns, citados por Brizuela y Cibils, 2011).

Según Formoso y Gaggero (1990), trabajando con novillos y capones sobre campo natural en el Cristalino, con carga similar en todos los tratamientos ($0,8 \text{ UG.ha}^{-1}$), determinaron que en el período de invierno las pérdidas de peso (kg. animal^{-1}) fueron inferiores en el método de pastoreo diferido con respecto al método continuo, acentuándose más cuando la relación L/V es 2:1 con respecto a 5:1, siendo indiferente en primavera. En el caso de los vacunos, las ganancias de peso registradas acompañan la tasa de crecimiento de la pastura y están explicadas por ello, en cambio los ovinos tienen un comportamiento indiferente quizás por su hábito de pastoreo y selectividad.

La eficiencia de cosecha en las estaciones de máxima tasa de crecimiento (primavera y verano) aumenta con la mayor frecuencia de pastoreo. Lo contrario sucede en invierno, ya que hay una limitante de forraje verde. La utilización de las pasturas naturales, independientemente de la disponibilidad de forraje, nunca supera el 50%, registrándose la máxima en primavera, debido a las condiciones favorables para el crecimiento (Saldanha, 2005).

Variaciones en la frecuencia de pastoreo modifica la tasa de crecimiento diaria de la pastura, disminuyendo a medida que aumentan los días de descanso. Al comparar tratamientos con diferentes días entre cortes, se observa que cuando se realizan cada 56 días la tasa de crecimiento diaria representa el 32,4% del crecimiento que se obtienen cada 14 días. A pesar de una menor tasa de crecimiento, los tratamientos con mayor intervalo entre cortes tienen una mayor acumulación de forraje y, por ende, mayor producción (Berretta, 2005b).

Boggiano et al. (2005), consideran que si bien los descansos prolongados (según la zona topográfica) promueven a las especies cespitosas mejorando de esta forma la productividad del tapiz, puede también aumentar la aparición de malezas de campo sucio y de gramíneas de alto porte que son rechazadas por los animales. Esto sugiere que la frecuencia a utilizar varía a través del año ya que las condiciones climáticas actúan de forma diferente sobre las especies. Se evidenció una tendencia a aumentar la relación gramínea invernales/ gramínea estivales, cuando los manejos son más laxos en invierno y primavera temprana (80 días) y más frecuentes en verano (20/ 40

días), aunque en esta última estación la respuesta en estos en los últimos años ha dependido del balance hídrico en dicha estación. Estos resultados son coincidentes con los manejos para promover las especies invernales indicados por Rosengurtt (1979).

Boggiano et al. (2005), estiman que la combinación de frecuencias estacionales diferentes busca incrementar la producción de forraje pero con adecuada calidad de la misma. En este sentido, surge como más recomendable, la utilización de 40 días de descanso entre pastoreos en primavera y verano y 60 en invierno, ya que permitirían aumentar la producción de forraje sin comprometer la calidad.

Los períodos de descanso generados por el PR favorecen el crecimiento de gramíneas cespitosas, de porte erecto y mayor tamaño, como *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum* y *Stipa setigera*, que contribuyen al refinamiento del campo. Sin embargo, se da una disminución de especies tiernas como *Paspalum notatum*, que se reducen con el aumento del período de descanso, lo que puede estar explicado, por el aumento de pastos ordinarios de rápida acumulación de hojas muertas, que reducen la cantidad de luz que recibe este tipo de especie (Berretta 2005b, Boggiano et al. 2005, Saldanha 2005).

El cambio de pastoreo continuo a rotativo en suelos degradados, genera cambios en la composición de la pastura que permiten pasar de una producción de 70 kg.ha⁻¹ de carne equivalente a 150 kg.ha⁻¹ (Boggiano et al., 2005), dicho cambio promueve el desarrollo de las leguminosas, llegando en zonas bajas a cuadruplicar su presencia según afirman Boggiano et al. (2005).

Maraschin y Mott (1989), Risso, citado por Risso et al. (2002), consideran que las leguminosas aumentan cuando el sistema de pastoreo asegura un período de descanso tal que permita la semillazón de las especies introducidas, y una presión de pastoreo que promueva la renovación del perfil de la pastura. Es imprescindible realizar dicho manejo cuando las leguminosas son introducidas en el tapiz, para obtener una producción aceptable y persistencia de las mismas.

Con relación a las malezas de campo sucio, disminuyen con el pastoreo rotativo, como es el caso de *Eryngium horridum*, *Baccharis trimera*, *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata* y *Eupatorium buniifolium*, ocurriendo de igual forma con las malezas enanas. En cambio, con PC, se modifica la estructura del tapiz, generando una doble estructura conformada por malezas enanas en el estrato bajo y de campo sucio en el alto, reduciendo así, el área de pastoreo (Boggiano et al. 2005, Saldanha 2005).

Por su parte, al PC también se le atribuyen ciertas ventajas, tales como menores costos de insumos para su implementación y menor número de decisiones de manejo, lo que simplifica su conducción. Se requieren menos alambrados y aguadas que en el PR, debido a que el ganado se mueve dentro de un único potrero, no obstante, el PC requiere entender los procesos que operan en la interacción carga animal-crecimiento estacional del recurso forrajero implicado, de forma tal de evitar condiciones de sub o sobrepastoreo estacional que afecten la oferta de forraje a los animales en cantidad y calidad. Los procesos operantes están relacionados al desajuste estacional entre carga y crecimiento de la pastura, teniendo en consideración la pérdida de calidad y senescencia de material, así como al factor climático y las deyecciones de los animales sobre el material que se pudiese acumular en períodos de baja utilización del forraje como en invierno (Brizuela y Cibils, 2011).

Utilizando el método de PC con carga fija, el exceso de forraje puede ser usado posteriormente, aunque Brizuela y Cibils (2011) aseguran que puede presentarse en forma muy heterogénea en el potrero y por lo tanto disminuir la eficiencia de esa cosecha y el valor nutritivo del forraje, generando una subutilización del forraje y aumentar el pastoreo selectivo y por consiguiente permitir una alta respuesta por animal. Sin embargo, si el forraje ofrecido varía ampliamente en calidad, la respuesta animal puede reflejar negativamente esa heterogeneidad de calidad aún ocurriendo la selección. Ajustes en la presión de pastoreo por medio de variaciones estacionales en la carga pueden ser usadas para reducir la severidad de sub o sobrepastoreo, lo que no siempre es factible a escala de establecimiento.

En general, un buen manejo del pastoreo será el que, asegurando un rebrote rápido y continuo de la pastura, resulte en una alta utilización del forraje con buen comportamiento animal. Las diferencias entre manejos no son concluyentes y en general se hacen evidentes en condiciones de altas cargas (Milot et al., 1987).

Milot et al. (1987), enfatizan que es probable que los distintos sistemas de pastoreo no sean uno mejor que el otro en forma absoluta, sino que existen ventajas comparativas en cada uno en función de la pastura presente. De igual forma, comparando distintos tipos de respuesta animal bajo condiciones de PC y PR no han permitido extraer conclusiones categóricas o consistentes a favor de uno u otro (Gammon 1978, O'Reagain y Turner, citados por Brizuela y Cibils 2011). Esto no es sorprendente, porque las experiencias han diferido marcadamente en las condiciones ambientales, en las especies forrajeras presentes, el número de subdivisiones de la pastura, y fundamentalmente en las cargas animales aplicadas (Brizuela y Cibils, 2011).

Así, McMeekan, citado por Brizuela y Cibils (2011) enfatiza la importancia de la carga animal como el factor de mayor efecto en la producción animal en condiciones de pastoreo. Se establece que sólo una ligera ganancia en producción animal se obtiene en pastoreo rotativo en comparación con el pastoreo continuo, cuando el primero se implementa con alta carga animal.

Dicho resultado, fue confirmado en numerosos trabajos posteriores, entre otros por Kothmann, citado por Brizuela y Cibils (2011) quien afirma que la clave de una producción animal exitosa en la mayoría de los pastizales está dada por el pastoreo selectivo de los animales. Sin embargo, es precisamente la existencia del pastoreo selectivo la que genera la necesidad de desarrollar sistemas de pastoreo.

En la misma línea, Carámbula (2008) determina que el pastoreo rotativo permite alcanzar dotaciones más altas sin que la producción por hectárea se vea resentida. A pesar de ello, cuando el pastoreo se realiza en forma aliviada permite obtener altas ganancias por individuo, pero genera un descenso paulatino en la calidad del forraje como consecuencia de la selectividad por parte de los animales y de la acumulación de materia seca de baja palatabilidad. Por lo tanto, este tipo de pastoreo es útil cuando se utilizan dotaciones medias a altas.

Por otro lado, Boggiano et al. (2005), consideran que con períodos de descanso otoño-invernales de 45 días y pastoreos con ofertas de forraje de 8 % del PV, se lograron producciones de forraje del orden de 850 Kg.ha⁻¹ de MS, que con utilidades de un 50 % permitirían mantener una carga de 0,78 UG (1 UG = vacas de 380 Kg de P.V. en mantenimiento (Crempien, 1995). Esto permite aumentar la productividad otoño-invernal en el orden del 30 % dado que en la condición actual de pastoreo sobre campo natural difícilmente logre mantenerse una dotación mayor a 0,6 UG.

2.3. EFECTO DEL AGREGADO DE NUTRIENTES Y/O INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN LA COMUNIDAD DEL CAMPO NATURAL

Los mejoramientos extensivos de campo natural son una alternativa para levantar las limitaciones en cantidad y calidad de forraje sobre las estaciones más problemáticas, como es el caso del invierno, sin trasladar forraje producido en otra estación hacia esta (Berretta y Levratto, 1990a).

En invierno la reposición de las estructuras removidas es más lenta debido a las bajas temperaturas y ambientes pobres en N, lo que lleva a una menor tasa fotosintética. Medidas de manejo como la fertilización nitrogenada y

ajustes en la OF pueden modificar esta tendencia, ya que la producción es afectada tanto por el agregado de N, la OF, como por la interacción de ambos (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013).

2.3.1. Agregado de nutrientes

El campo natural fertilizado con N aumenta sustancialmente la producción de forraje en relación a un campo natural sin fertilizar. La producción tiene una respuesta lineal al incrementar la dosis de N, siendo más evidente hasta el tercer año de aplicación (Hanisch et al., 2008). En la misma línea, Mason y Miltimore, citados por Bottaro y Zavala (1973) expresan que la fertilización nitrogenada genera aumentos significativos en la producción, aunque dicha respuesta dependerá de la textura del suelo y la condición de la pastura del área a fertilizar.

De igual forma, Risso et al., citados por Berretta (2005), valoran que a través de la fertilización con N y P se puede obtener una mayor producción de peso vivo animal (PV) por unidad de superficie con relación a la producción del campo sin fertilización.

La aplicación de fertilizante sobre las pasturas altera la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Esto modifica la distribución de las especies, ya que se favorece el desarrollo de las que se veían imposibilitadas de competir con aquellas más adaptadas a los bajos niveles de fertilidad del suelo, condición característica del campo natural (Bottaro y Zavala, 1973).

Bottaro y Zabala (1973), expresan que la estacionalidad de la producción de un campo natural se puede ver modificada con el agregado de N, haciéndola más homogénea. Por otro lado, Álvarez et al. (2013), manifiestan que la estacionalidad disminuye o aumenta en función del nitrógeno agregado según la oferta forrajera que se maneje, en el caso de OF medias y bajas, la estacionalidad disminuye a medida que aumenta el nivel de N, en cambio con altas OF la estacionalidad es poco sensible al agregado de N presentando una leve tendencia a aumentar debido a que se difiere mucho forraje en pie al otoño y éste interfiere con el rebrote de las especies invernales.

En pasturas que están constituidas principalmente por especies estivales, el uso de N tiende a magnificar la estacionalidad del campo natural, ya que dichas especies presentan mayor eficiencia fotosintética y en el uso de agua y N. Sin embargo, las estaciones en las que la fertilización puede tener una mayor influencia desde el punto de vista del manejo ganadero son el otoño y el invierno. Durante el invierno, debido al ciclo biológico de las especies, las bajas temperaturas, las heladas y el exceso hídrico en el suelo, la utilización del

N es baja, por lo que la producción de materia seca no genera un aporte tal que permita cubrir las necesidades de los animales. Este déficit de forraje podría ser cubierto con fertilizaciones tempranas en el otoño, lo que permitiría diferir el forraje en pie (Millot et al. 1987, Ayala y Carámbula 1994a), siendo la tasa de crecimiento diaria (TCD) del campo fertilizado cercana al 100 % superior al campo sin agregado de nutrientes

Zanoniani et al. (2011), en suelos de la Unidad San Manuel, obtuvieron que la eficiencia en el invierno es de 16 kgMS.ha^{-1} , explicado principalmente por el gran porcentaje de especies que presentan alta respuesta al agregado de N, como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*. En cambio, Álvarez et al. (2013) encontraron una eficiencia del uso de nitrógeno de 46 kgMS.ha^{-1} por kg de N agregado.

La respuesta a la intensidad de pastoreo varía con el nivel de N agregado. A bajas dosis de N la producción invernal aumenta al aumentar la OF, ya que, en un ambiente pobre en N, la reposición de las estructuras removidas es más lenta, dado por un menor ritmo fotosintético. Aumentos en la OF determinan remanentes mayores, menor remoción de área foliar y pseudotallos, condición que favorece principalmente a los tipos cespitosos, la mayoría de las gramíneas invernales. Con dosis mayores de N la producción crece al reducir la OF es decir al aumentar la intensidad del pastoreo. Con niveles de N crecientes se acelera el ritmo de crecimiento, así como la reposición del área foliar, de esta forma comienza antes el sombreado en estratos inferiores, lo cual reduce los ritmos de acumulación de forraje (Lemaire, 1997).

Partiendo de niveles bajos de OF y N, se encuentra una mayor respuesta en producción al aumentar la OF en relación a incrementar la dosis de N, ya que dicho aumento genera remanentes mayores, menor remoción de área foliar y pseudotallos, incrementando así la disponibilidad de N en planta, lo que favorece la formación de nuevos tejidos, principalmente en gramíneas invernales (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013).

En cambio, altas dosis de N y altas OF afectan negativamente la producción primaria. Esto se debe a que, por un lado, altas OF generan mayor proporción de tejido viejo en el remanente de menor eficiencia fotosintética y a que la tasa de senescencia aumenta, pudiendo igualarse a la tasa de crecimiento.

Disminuyendo la OF se retrasa el inicio de sombreado y se obtiene una mayor acumulación de forraje (Lemaire, citado por Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013, Nabinger y Parsons, citados por Álvarez et al. 2013).

A bajas OF se generan menores remanentes, lo cual determina una limitante para el crecimiento de la pastura y por lo tanto la reducción en el forraje disponible para los pastoreos posteriores. Este efecto se ve disminuido con el creciente agregado de N. A su vez, el forraje desaparecido aumenta con el agregado de N a bajas OF, pero este aumento está mayormente explicado por una mayor producción de la pastura y no por una mayor proporción de cosecha (Zanoniani, 2009).

Boggiano et al. (2005) investigaron la respuesta de un campo natural sobre suelos de la Unidad San Manuel a la fertilización nitrogenada con diferentes OF, encontrando que la respuesta de producción de forraje invernal tiene efecto cuadrático al agregado de N e interacción NxOF significativo. Obtuvieron la máxima producción anual de 8000 kg.ha⁻¹ de MS, lográndose con una dosis de 150 kg.ha⁻¹ de N y OF de 10%; dosis superiores de N no llevaron a aumentos en la misma.

Por su parte, Boggiano et al. (2000b) obtuvieron que la tasa de acumulación de materia seca verde invernal se vio más afectada por la OF que por la dosis de N, aunque las máximas tasas se obtuvieron cuando ambos factores son altos.

En la misma línea, Bemhaja (1994) obtuvo que con el agregado de N la calidad de la pastura puede o no variar según el tipo de suelo. Este comportamiento fue reflejo de la respuesta a la fertilización nitrogenada en la composición botánica que presentan los distintos tipos de suelo. Mientras que en Basalto se promovió el crecimiento de especies finas y tiernas, particularmente invernales, en Areniscas aumentó el vigor de especies estivales que no contribuyeron a una mejora en la calidad de la pastura.

Con relación al agregado conjunto de N y P, existe una interacción entre N y P significativa que determina que el agregado de ambos nutrientes en conjunto sea más eficiente que la aplicación de éstos por separado en la producción de materia seca (Stoddart et al., citados por Berretta et al., 1998b). En relación a esto, Celebi et al. (2011) demostraron que con aplicaciones conjuntas de N+P el rendimiento siempre es significativamente superior al que se obtiene cuando dichos elementos son aplicados de forma individual, independientemente de la dosis utilizada. Debido a esto, el nivel trófico del suelo aumenta, se logra una estabilización del sistema, aumentando la producción en un 60% superior a la del campo sin N+P. Por otro lado, Bottaro y Zabala (1973) determinaron que la interacción NP era significativa en la respuesta del campo natural para la producción de materia seca dependiendo del tipo de suelo.

De los diferentes factores que afectan la tasa de crecimiento de una pastura, el N es el de mayor impacto. La aplicación de este nutriente, cuando las condiciones no son limitantes tiene efecto favorable en la tasa de crecimiento y densidad de macollos. Lo que se traduce en un aumento en el crecimiento de la pastura de 39%, como consecuencia del incremento en 13 % de la tasa de crecimiento por macollo y 21 % en la densidad de los mismos, cuando la dosis de N aplicada es elevada (Mazzanti et al., citados por Azanza et al., 2004).

A estos efectos, Boggiano et al. (2000c), mencionan que esta respuesta en la tasa de crecimiento genera un aumento significativo en la producción de materia seca disponible, encontrando que con dosis de N entre 170-200 kg N.ha⁻¹, con bajas ofertas de forraje, el crecimiento anual es de 20 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹.

Por su parte Zanoniani (2011), trabajando sobre suelos de la Unidad San Manuel y utilizando diferentes OF y dosis de N aplicadas en otoño-invierno, donde la máxima producción invernal obtenida fue 1650 kg MS.ha⁻¹ y una tasa de crecimiento de la pastura promedio de 13 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹.

Rodríguez Palma et al. (2009), constataron que en un promedio de siete años la producción anual de forraje resultó 29 % superior en N100. La ventaja en la tasa de crecimiento del forraje estacional en N100 fue de 40 % en invierno, 46 % en primavera, 15 % en verano y no difirió en otoño.

Con relación a las dosis utilizadas, Berretta (2005) cita, que dosis relativamente bajas de N y P₂O₅ (90 kg N.ha⁻¹.año⁻¹; 44 kg P₂O₅.ha⁻¹.año⁻¹) favorecen el incremento del nivel trófico del suelo, especialmente si esta cantidad de fertilizante se aplica dividida en dos, una mitad a comienzos del otoño y la otra mitad a fines del invierno y hace alusión de que esta estrategia puede seguirse en vegetaciones que posean especies invernales perennes de buenos pastos en una frecuencia relativa superior al 20%.

Considerando fertilizaciones con 100 kg.ha⁻¹ de N, incrementan en 25% las gramíneas invernales, ya que la fertilización es un estímulo para el desarrollo de pastos C₃ que permiten una mayor producción invernal. En el caso de la *Stipa setigera* (especie invernal tierna-fina), incrementa su presencia con el agregado de N y con el aumento de la carga, ya que tolera bien el pastoreo (Berretta et al. 1998, Berretta 2005, Rodríguez Palma et al. 2009).

Zanoniani (2009) en respuesta a esto, sugiere que un buen manejo sería la combinación de cantidades bajas de N en otoño (50 kg.ha⁻¹), con

asignaciones de forraje intermedias (8%), de forma de obtener una relación de especies invernales/estivales cercanas al 1,6 y producciones de hasta 850 kg.ha⁻¹ de MS. Sin agregados de N las invernales aumentan con aumentos de la OF, indicando la necesidad de manejar pastoreos menos intensos en otoño e invierno para promover su contribución. Si las fertilizaciones se realizan en primavera, se genera un incremento en la producción de forraje, pero no conlleva a una mejora en la calidad de la pastura (Bemhaja y Olmos, 1996).

En cambio, las fertilizaciones otoño-invernales con dosis superiores a 150 kg.ha⁻¹ de N, no llevan a aumentos en la producción total de forraje. Por otro lado, es claro el efecto positivo de reducir la intensidad de pastoreo (aumenta la OF) sobre la producción del campo cuando se reduce la fertilización con N, con efecto inverso en altos niveles de N (Boggiano et al., 2005).

Berretta (2005), menciona que la aplicación de otoño promueve el rebrote más temprano de las especies C₃ y C₄ y la disminución del tiempo de reposo de estas últimas tienden a reducir el período de escaso crecimiento invernal (Bemhaja 1998b, Berretta et al. 1998b). De igual forma, Hoglund et al. (1952) obtuvieron como resultado que en las parcelas fertilizadas, la fecha de inicio del pastoreo fue en promedio un mes y medio antes, y el período de forraje verde fue el doble, en comparación con parcelas sin fertilizar.

En la misma línea, Berretta y Boggiano, citados por Zanoniani (2009), consideran que, con el aumento del nivel de nitrógeno del suelo, se incrementa la biodiversidad de especies.

Berretta et al. (1998) encontraron que con el agregado de N el recubrimiento del tapiz vegetal se vio beneficiado por un mayor número de especies, mayor número de presencias por unidad de superficie y presentar las plantas un mayor tamaño y vigor.

Concluyendo, la fertilización es una vía para cambiar la composición botánica del tapiz vegetal, existe respuesta a la interacción NxOF en las proporciones de restos secos, leguminosas y gramíneas. Para el primer caso, el mayor porcentaje se obtiene con OF de 13,4% y dosis de 150 kg.ha⁻¹ de N, ya que existe una mayor área foliar por el agregado de N y menor remoción de las mismas por las mayores ofertas. En tanto, para las leguminosas, existe un efecto negativo al incrementar la dosis de N y positivo al aumentar la OF. Lo contrario ocurre en las gramíneas, que se promueven al aumentar la dosis de N y disminuir la OF. Esta relación inversa entre dichas familias se debe a las ventajas competitivas y a la alta respuesta al agregado de N que presentan las

gramíneas, y no por el hecho de que el N influya negativamente en el aporte de las leguminosas sobre el tapiz.

Por otro lado, cuando ambos factores son elevados, se reduce la proporción de gramíneas ya que los espacios son ocupados por restos secos, impidiendo el crecimiento de estas (Boggiano et al. 1998, 2000a).

Junto al aumento de la producción invernal, especies invernales productivas como *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides*, *Poa lanigera*, *Adesmia bicolor* tienden a incrementar su presencia con la fertilización. Pastos estivales productivos de buena calidad como *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*, también incrementan su frecuencia y cobertura lo cual dificulta la instalación de otras especies, como es el caso de *Stipa setigera* en tratamientos de alto nitrógeno y bajas ofertas ya que la misma presenta baja competencia inicial en ambientes intensamente pastoreados y aumenta su estrés por el agregado de N (Gonzales et al. 2004, Zanoniani et al. 2011). A su vez, pastos ordinarios como *Andropogon ternatus* (tierno/ordinario) y *Bothriochloa laguroides* son menos frecuentes y *Schizachyrium spicatum* es aún menos frecuente con la fertilización ya que es una especie de ambientes pobres y pequeño porte, teniendo el mismo comportamiento en mejoramientos de campos donde a medida que aumenta la fertilidad va disminuyendo su frecuencia hasta desaparecer. Las leguminosas nativas aumentan su frecuencia relativa a valores cercanos al 5%. Las malezas tienen una escasa participación y no aumentan con la fertilización (Berretta, 2005), aunque Rodríguez Palma et al. (2009) observaron una reducción de las mismas.

Cardozo et al. (2008) encontraron que aumentos en la dosis de N y OF medias y bajas, incrementan la contribución de especies anuales exóticas como *Carduus acanthoides*, *Cirsium vulgare* y *Lolium multiflorum* debido a la pérdida de densidad y abertura de la trama de la vegetación. Esto lleva a una paulatina degradación de la pastura, al sustituirse especies perennes por anuales reduciendo la biodiversidad de especies del campo natural.

En la misma línea, Ayala y Carámbula (1994a) en suelos de las Sierras del Este, mostraron que, con el agregado de N, y más aún si se combina con P y K, se registra un aumento significativo de especies anuales invernales las pasturas como *Vulpia australis* y *Gaudinia fragilis*.

Boggiano et al. (2005), observaron un efecto sobre la composición botánica de las pasturas a distintas dosis de N y OF. Obtuvieron la misma respuesta tanto en altas dosis y bajas ofertas, como en bajas dosis y altas ofertas, donde la contribución de gramíneas invernales superó en más de 3

veces el aporte de gramíneas estivales, mejorando la calidad de la dieta ofrecida, cuando se encuentran especies finas y tiernas en el tapiz natural.

Bottaro y Zavala (1973) mencionan, que la fertilización nitrogenada continua durante 10 años genera un descenso de 70 a 40 en el número de especies que contribuyen al tapiz; por otra parte Zanoniani (2009) plantea que la presencia de gramíneas invernales puede aumentar con el agregado de N hasta dosis de $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a partir de la cual su aporte disminuye.

2.3.2. Introducción de especies

La mayoría de las pasturas naturales tienen una baja proporción de leguminosas, lo que restringe o limita el logro de mejores niveles de productividad animal (Jaurena et al., 2005).

La proporción de leguminosas en las vegetaciones nativas es reducida, dado esto, para mejorar la calidad de las pasturas naturales y aumentar la producción de forraje durante el período invernal se hace necesario introducirlas. Además, es necesario el agregado de insumos adicionales como P, elemento cuyos niveles son bajos en la mayoría de los suelos del país, para favorecer el establecimiento y la persistencia de las especies introducidas, así como la fertilización nitrogenada es otra alternativa (Morón, citado por Risso et al., 1996)

Las leguminosas nativas herbáceas se caracterizan por su adaptación, calidad forrajera, por tanto, la introducción de las leguminosas tendría además la función trascendente de fijar biológicamente de nitrógeno, presentándose como una oportunidad económica para introducir el nutriente al ecosistema, de esta manera lograr una alta producción de forraje y el mismo de buena calidad (Carámbula, 1992).

Dada la estacionalidad de la producción en campo natural, conduce a la necesidad de introducir especies forrajeras más productivas como objetivo de aumentar la producción de carne (Correa y Alvim Silva, 1994). Por consiguiente, el mejoramiento de campo con fertilización fosfórica e interseembra de leguminosas adaptadas es una importante tecnología para promover cambios en la condición de la vegetación, elevando la productividad de los campos naturales sino también el valor nutritivo de los mismos (Risso et al., 1998b).

De igual forma, Bemhaja (1998b), Berretta (1998b), sobre suelos de Basalto y Risso et al. (2002) sobre suelos de Cristalino, encontraron que con la introducción de leguminosas aumenta significativamente la producción de forraje. El rendimiento de las pasturas mejoradas en algunos casos fue entre 50

y 100% superior al de la pastura natural, y en invierno llegó a triplicarlo (Berretta, 1998b).

Los mejoramientos en cobertura con leguminosas logran producciones de forraje hasta tres veces mayor que la de un campo natural. Cuando éstas se incorporan al tapiz, se combinan de forma exitosa con las gramíneas nativas, logrando una pastura productiva y estable, sin afectar el equilibrio de las especies y evitando el avance de las malezas presentes (Carámbula 1992, 2008).

Asimismo, Ayala y Carámbula (1996), Bemhaja y Olmos (1996) coincidieron en que la correcta utilización de las áreas mejoradas a la vez de favorecer la persistencia productiva permite trabajar con una dotación sensiblemente superior a la de pasturas naturales, manteniendo un buen comportamiento animal. En consecuencia, sería posible conciliar el logro de importantes niveles productivos y alcanzar el peso de faena a menor edad que la tradicional.

La incorporación de leguminosas sobre campo natural incrementa la tasa de crecimiento diaria a cualquier carga utilizada. El cambio más significativo se genera durante invierno, momento en el cual se da un mayor aporte de las leguminosas y aumenta la producción de especies invernales nativas (Bemhaja, 1998b).

La transferencia de N de las leguminosas a las gramíneas asociadas a la pastura logra cambios botánicos graduales hacia un incremento en la proporción de gramíneas C₃. Esta transferencia se da a través de la materia orgánica del suelo, como consecuencia de la muerte y descomposición de la parte aérea, raíces y nódulos, que generan alteraciones en las condiciones de crecimiento por el aumento en la fertilidad del suelo (Carámbula, 1992).

Coincidiendo con esto, Bemhaja, Risso et al., Bemhaja y Berretta, Berretta y Levratto, citados por Carámbula (2008), encontraron que la introducción de leguminosas sin perturbar el tapiz natural induce a cambios en la frecuencia de especies, incrementando las de mejor valor nutritivo. De esta forma se aumenta la proporción de especies invernales finas y tiernas, como *Adesmia sp.*, *Bromus auleticus*, *Lolium multiflorum*, *Piptochaetium stipoides*, *Poa lanigera* y *Stipa setigera*, ya que su crecimiento se favorece directamente por la fertilización fosfatada e indirectamente por la fijación biológica de N. Especies como *Stipa setigera* y *Poa lanigera* aumentan su contribución especialmente cuando se los maneja con cargas bajas, pasando de 8% de contribución en el primer año a 16 y 24% en el segundo y tercer año respectivamente (Bemhaja, 1998a).

Con referencia a las leguminosas sembradas, Bemhaja (1998b) sobre suelos de Basalto, en un mejoramiento con *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*, encontró que el *Trifolium pratense* presentó mayor vigor inicial y mejor contribución en el primer año, en todas las intensidades y frecuencias de corte evaluadas. A partir del segundo año, su contribución se redujo a la mitad y en el tercero la misma fue prácticamente nula, debido a su comportamiento bianual. A su vez, el mismo registró que el aporte de gramíneas nativas durante el segundo año fue de 19%, siendo el mínimo valor promedio en el total de los años del mejoramiento. A partir del tercer año se restablece su contribución, llegando a un 63%. En el caso de las malezas enanas, su mayor frecuencia se registró durante el primer año, descendiendo en los años sucesivos. En la medida que las leguminosas tienden a desaparecer, a partir del tercer año, los restos secos aumentan explicado por un aumento en el aporte de las gramíneas nativas.

Por su parte, Berretta (1998a) observó que con la introducción de *Trifolium repens* la contribución de especies invernales aumentó de 63% a 78,5% de un año a otro. Un ejemplo de ello es el aumento de la frecuencia de la *Poa lanigera* debido al incremento en la fertilidad del suelo, acompañado por un manejo aliviado durante la primavera.

Forbes y Montossi et al., citados por Risso et al. (2002), afirman que la mejora en la calidad de la pastura se traduce en una mayor capacidad de selección animal, lo que permite obtener una dieta no limitante desde el punto de vista de la proteína, para procesos intensivos de crecimiento y engorde.

2.4 EFECTO DEL AGREGADO DE NUTRIENTES Y/O INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN INTERACCIÓN CON LA CARGA ANIMAL SOBRE LA PRODUCTIVIDAD SECUNDARIA

2.4.1. Agregado de nutrientes

La fertilización con N y P permite tener una producción de peso vivo animal por unidad de superficie hasta tres veces mayor que la producción del campo sin fertilización, ya que se obtiene una mayor producción de forraje con el consecuente incremento de la carga animal, y por lo tanto, un mayor consumo de forraje por unidad de superficie (Risso et al., 1998).

Zamalvide (1994) lo explica a través de un aumento en la calidad del forraje, por un mayor contenido de N y P en la misma y por el paulatino afinamiento de las pasturas. En cambio, Azanza et al. (2004) afirman que el

principal efecto de la fertilización nitrogenada es sobre la producción de MS, ya que el efecto sobre la calidad de la pastura es casi nulo. Esta mayor producción de forraje permite un incremento de la carga animal, y por lo tanto, un mayor consumo de forraje por unidad de superficie.

Berretta (2005a) afirma que la fertilización de campo natural con 92 kg.ha^{-1} de N y 44 kg.ha^{-1} de P_2O_5 , con un sistema de pastoreo rotativo que presenta 14 días de pastoreo y 42 de descanso, se obtienen ganancias anuales de peso vivo en novillos de aproximadamente $0,500 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con una dotación de $0,9 \text{ UG.ha}^{-1}$. Cuando se aumenta la carga a $1,5 \text{ UG.ha}^{-1}$, las ganancias son de alrededor de $0,300 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$, similar a la que se obtiene en el campo natural sin fertilizar con una dotación de $0,9 \text{ UG.ha}^{-1}$.

Rodríguez Palma et al. (2009), Rodríguez Palma y Rodríguez (2010), estudiando fertilizaciones otoño-invernales con 100 kg.ha^{-1} de N durante 7 años, encontraron que se generó una acumulación anual de forraje tal que permitió aumentar la carga animal. ha^{-1} en un promedio de 68%, sin afectar la ganancia diaria/animal. Dicho experimento fue continuado por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017) durante 7 años más, y los resultados reportados fueron los mismos, obteniendo ganancias promedio de $0,399$ y $0,472 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con 0 y 100 kg.ha^{-1} de N respectivamente en los 14 años evaluados. Esto indica de forma sostenible que la fertilización con 100 kg.ha^{-1} de N permite aumentar la carga animal. ha^{-1} sin afectar el desempeño individual.

Zanoniani (2009) encontró que fertilizaciones con 150 kg.ha^{-1} de N y OF de 7%, permitieron mantener cargas de $1,4 \text{ UG.ha}^{-1}$ con una cantidad de forraje desaparecido equivalente al del mantenimiento animal.

Zanoniani (2009) demostró que aumentando la carga se pueden cubrir los requerimientos del animal con el agregado de una dosis baja de N (44 kg.ha^{-1} de N) y un manejo del pastoreo poco intenso (12,5% OF). Esto concuerda con lo expresado por Gastal et al., citados por Zanoniani (2009), que con similares respuestas, concluyen la necesidad de adecuar la intensidad del pastoreo según la dosis de N aplicado para lograr producciones más eficientes.

La fertilización ha permitido que las ganancias de peso sean mayores durante el verano y las pérdidas de peso en invierno sean menores a las de un campo sin fertilizar. En la misma línea, Boggiano et al. (2000c) en Rio Grande do Sul, obtuvieron que a iguales OF, el agregado de N permitió aumentos en la carga de hasta 500 kg.ha^{-1} de peso vivo (PV), lo que equivale a un incremento de $2,5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de PV por kg de N agregado.

En un campo sobre Basalto, Risso et al. (1998a), estudiaron la ganancia animal anual a través de distintas cargas, demostraron que el tratamiento fertilizado y con baja carga ($0,9 \text{ UG.ha}^{-1}$) fue el que obtuvo mayor ganancia en promedio anual ($0,45 \text{ kg.an}^{-1}.\text{día}^{-1}$), seguido del fertilizado con carga media ($1,2 \text{ UG.ha}^{-1}$), obteniendo una ganancia de $0,39 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Además, encontraron que los tratamientos fertilizados con alta carga ($1,5 \text{ UG.ha}^{-1}$) y sin fertilizar con baja carga ($0,9 \text{ UG.ha}^{-1}$) no tuvieron diferencias significativas entre sí, siendo los de menor ganancia anual ($0,20 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$). En primavera, obtuvieron ganancias cercanas a $1,0 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en el tratamiento fertilizado y con baja carga.

Gianluppi et al. (2002) obtuvieron resultados similares para el período primaveral, en el cual no existieron diferencias en ganancia media diaria de los animales entre los tratamientos con 0, 100 y 200 kg.ha^{-1} de N, aunque sí existieron diferencias significativas en la carga animal. El tratamiento con 200 kg.ha^{-1} de N tuvo una carga promedio de 1489 kg.ha^{-1} de PV, mientras que los otros dos tratamientos no alcanzaron los 1200 kg.ha^{-1} de PV. En cambio, Peirano y Rodríguez (2004), con fertilizaciones de 50 kg.ha^{-1} de N, lograron aumentar la carga animal en casi 90%, sin afectar la ganancia media diaria por animal ni la producción individual.

Por otro lado, Rodríguez Palma y Rodríguez Olivera (2010), en un pastoreo a altura constante (7-9 cm), obtuvieron, como promedio de siete años, una ganancia animal de $0,39 \text{ kg.an}^{-1}.\text{día}^{-1}$ sin diferencias entre tratamientos fertilizados y no fertilizados, y una ganancia anual de 399 kg.ha^{-1} en tratamientos fertilizados, siendo esta ganancia, significativamente el doble que en campo natural.

Por su lado, Pizzio y Pallares (1994) en campos del centro-Sur de Corrientes, obtuvieron que la fertilización nitrogenada de campo natural incrementó la receptividad y la producción de carne en un 61 y 53% respectivamente. La producción de carne ha^{-1} del campo fertilizado fue muy dependiente de las cargas utilizadas; a bajas cargas la producción fue 17% superior y a altas cargas alcanzó a ser 37% mayor. Además, la eficiencia en producción de carne encontrada fue de 0,6 kg de carne por kg de N aplicado.

En cuanto a la producción de PV, si bien Larratea y Soutto (2013) obtuvieron una menor ganancia animal individual en 114 N, lograron mayor producción de kg.ha^{-1} de PV, como consecuencia de la mayor carga en este tratamiento, por el aumento de la producción de forraje.

Por otro lado, Azanza et al. (2004) obtuvieron como resultado una mayor producción de carne por hectárea comparando tratamientos que fueron

sometidos a fertilización nitrogenada con los no fertilizados, pero sin diferencia de ganancia diaria por animal entre tratamientos.

De igual forma, Dougherty y Rhykerd, citados por Álvarez et al. (2013), confirman que la fertilización nitrogenada aumenta la producción animal por unidad de área dado que se puede incrementar la carga animal, manteniendo la performance individual. La misma sólo se podrá ver favorecida si la calidad y disponibilidad de forraje son mayores.

2.4.2. Introducción de especies

Scholl et al., citados por Correa y Alvim Silva (1994) afirman que se pueden obtener ganancias de pesos hasta 5 veces mayores que en campo natural, debido al aumento en producción de forraje con la introducción de leguminosas. Asimismo, Montossi et al. (2000) consideran que, para lograr incrementar la producción animal, es necesario que las leguminosas no sólo se encuentren en una alta proporción, sino que también estén en el estrato superior de la pastura, accesibles para el animal. Correa y Alvim Silva (1994), en un campo mejorado de Quaraí, encontraron que novillos Hereford y cruza con Bradford llegaron a obtener en promedio ganancias medias diarias de $1,1 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$.

En referencia a lo anterior, Pizzio y Pallares (1994) también mencionan que el campo natural mejorado con leguminosas y fertilizante fosfórico dio una ganancia de 201 kg por novillo en un año. Destacando que las mayores diferencias entre campo natural y campo natural mejorado se encontraron desde agosto a diciembre (período primaveral), donde los primeros ganaron 50 kg y los segundos 103 kg. Sin embargo, en el período otoño invernal no hubo diferencia entre lotes y en el período estival se encontró una diferencia de 16 kg más de ganancia por novillo a favor del campo mejorado.

Risso (2002), en mejoramientos con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* las mayores ganancias de PV se obtienen con manejos de pastoreo rotativo y carga baja ($1,6 \text{ UG.ha}^{-1}$), teniendo una ganancia promedio anual en novillos de $0,671 \text{ kg}^{-1}.\text{animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$. En invierno, dichas ganancias son de 0,254 y en primavera alcanzan $1,163 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$.

Por otra parte, con diferentes intensidades de pastoreo (1000 y 1750 kg.ha^{-1} de MS), se obtienen ganancias medias diarias significativamente diferentes, sin variar la producción. ha^{-1} . A intensidades menores la ganancia media diaria es de $0,480 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$, mientras que con mayores las mismas son de $0,282 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Estas diferencias no representan una

diferencia en producción animal/ha debido a que con intensidades mayores la carga animal es superior (Bueno et al., 2004).

Resultados similares fueron reportados por Mezzalana et al. (2006), en los cuales encontraron relación significativa entre la intensidad de pastoreo y la ganancia media diaria por animal sobre un mejoramiento. Las mismas fueron de 0,346 kg.animal⁻¹.día⁻¹ con intensidades bajas (1875 kg.ha⁻¹ de MS remanente) y de 0,217 kg.animal⁻¹.día⁻¹ con intensidades altas (988 kg.ha⁻¹ de MS remanente). A su vez, la producción animal por área fue de 254 kg.ha⁻¹ de PV alcanzando una carga de 690 kg.ha⁻¹, y de 174 kg.ha⁻¹ de PV con cargas de 437 kg PV.ha⁻¹, para alta y baja intensidad de pastoreo respectivamente.

De igual forma, Garín et al. (1993) encontraron que la ganancia media diaria por animal sobre un mejoramiento en cobertura varió según la OF. Ofertas bajas de 2,5% registraron ganancias de 0,490 kg.animal⁻¹.día⁻¹, mientras que con ofertas de 7,5% se alcanzaron ganancias de 0,720 kg.animal⁻¹.día⁻¹. A pesar de la menor performance individual a bajas ofertas, la ganancia por hectárea duplicó los valores obtenidos a altas ofertas. Esto se atribuyó a que la tasa de incremento en la carga es mayor a la tasa de disminución de la ganancia de peso por animal (Mott, citado por Garín et al., 1993)

2.5. CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA PASTURA QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE ANIMALES EN PASTOREO

Bailey et al., citados por Brizuela y Cibils (2011) sugieren que los patrones de distribución de animales en pastoreo ocurren como consecuencia de la interacción de procesos cognitivos del animal (memoria espacial) con factores bióticos (cantidad y calidad forrajera) y abióticos (principalmente pendientes topográficas y distancia al agua de bebida). Según estos autores la experiencia de pastoreo genera expectativas de calidad de sitios que serían utilizadas por los animales para decidir si seleccionan o evitan un determinado lugar. De igual forma, Gillen et al., citados por Brizuela y Cibils (2011), consideran que el régimen o patrón de defoliación que imprime el ganado se da en una escala pequeña, es la variable que más afecta la respuesta de las plantas al pastoreo siendo esta selectiva como resultado de mecanismos comportamentales.

El animal percibe la estructura del pasto como la distribución espacial (vertical y horizontal) del mismo. Esa estructura se traduce en distintas alturas, masa de forraje, composición botánica, concentración de nutrientes, etc. distribuidos de diferentes formas en el potrero. Es decir, la disponibilidad global de forraje y la estructura general del pasto determina el comportamiento ingestivo, traducido en diferencias en el tamaño del bocado, la profundidad del

bocado, por la tasa de bocados, por el tiempo de búsqueda, por la aprehensión del forraje, por el tiempo diario en pastoreo, de descanso y de rumia (Nabinger y Carvalho, 2009).

El comportamiento ingestivo de los animales indica el status nutricional de los mismos, las variables que afectan este comportamiento son dependientes de las características estructurales del pasto, las cuales afectan el desempeño individual del animal (Nabinger y Carvalho, 2009).

Existen dudas acerca de la formación estructural de la vegetación en ambientes pastoriles complejos y de la forma en cómo el comportamiento ingestivo y la composición de la dieta son afectados (Pinto et al. 2007, Gonçalves 2007). Entre tanto, la calidad del forraje del estrato efectivamente pastoreado no es afectada por la oferta de forraje (Soares, 2002). Así mismo, la limitación para el desempeño animal no sería la concentración de nutrientes en el forraje, pero si la cantidad total del mismo que los animales conseguirán cosechar e ingerir (Carvalho et al., 2007).

En ambientes de elevada heterogeneidad espacial y temporal, como las pasturas naturales, no es rara la obtención de bajo grado de correlación entre esas variables. En trabajos realizados por Gonçalves (2007) en pasturas naturales con estrategias de manejo proporcionan mayor heterogeneidad estructural de pasto, como abundancia de pasto y manejo de la altura, también fueron encontrados elevados coeficientes de correlación entre la altura y la masa de forraje.

Nabinger y Carvalho (2009) mencionan que, cuando la intensidad de pastoreo es elevada y la estructura es baja, los animales pastorean a un ritmo acelerado, por más tiempo, caminan más y de forma más rápida y realizan menor número de comidas, pero de mayor duración.

En la misma línea, a medida que aumenta la altura del perfil bajo pastoreo se incrementa paulatinamente el consumo de forraje, aunque puedan existir limitaciones al consumo en pasturas muy cortas o altas. En ambos extremos, los animales tendrían problemas de consumo por dificultades de presión del forraje, aunque es mayor el beneficio que la desventaja de pasturas altas (Hodgson, citado por Millot et al., 1987).

Estudios con campo natural indican que la altura del estrato inferior que optimiza el tamaño del bocado y por ende la ingestión diaria es alrededor de 12 cm para bovinos y de 9 cm para ovinos (Gonçalves et al., citados por Nabinger y Carvalho, 2009).

En otro orden, Nabinger et al. (2011), expresan que cuanto más importante es la presión de pastoreo, tanto más la estructura del pasto se muestra limitante al proceso de cosecha e ingestión de forraje por el animal. Por lo que la intensidad de pastoreo controlada por el nivel de oferta condiciona la estructura del pasto, también condiciona la tasa de ingestión y, de esa forma, la producción animal por área.

En la medida en que se disponga de potreros con más masa de pasto por área, una estructura de mayor altura posibilita bocados de mayor tamaño, aumentando la tasa de ingestión y con mayor selectividad de partes de las plantas y/o de especies, con mejor valor nutritivo, dado esto al aumentar la oferta, el número de sitios visitados disminuye en relación al número de sitios potencialmente disponibles, lo que significa más selectividad. Se observa un incremento de la selectividad hasta 10% de oferta, cuando la pastura presenta 6 cm de altura y la frecuencia de matas sobrepasa 30%. A partir de ese punto, con una frecuencia de matas de cerca de 40%, ocurre una inversión en el proceso y los animales pasan a utilizar una cantidad de sitios mayor que el promedio disponible (selectividad=0 con 14% de oferta). De ahí, que si la intensidad de pastoreo controlada por el nivel de oferta pretendido condiciona la estructura del pasto, también condiciona la tasa de ingestión y, de esa forma, la producción animal por área.

En consideración de lo anterior, Nabinger et al. (2011), sugieren que la maximización del consumo ocurre cuando no hay más limitación física representada por la estructura del pasto y cuando el animal tiene la máxima posibilidad de selección de su dieta. Eso ocurre cuando el animal tiene a su disposición alrededor de cuatro veces más de lo que es capaz de consumir, entre el 11 y el 13 % de su peso vivo en materia seca de forraje. Lo que significa que tiene que sobrar pasto para que el proceso de cosecha e ingestión sea optimizado resultando en mejor desempeño animal.

Dado esto, un supuesto importante del modelo propuesto por Bailey et al., citados por Brizuela y Cibils (2011) sugieren que el animal basa sus decisiones sobre metas de forrajeo que, en todos los casos, implican la selección de sitios de alimentación que iguallen o superen sus expectativas de calidad.

De forma antagonista, ofertas de forraje muy elevadas también pueden restringir la ingestión diaria. El intervalo de tiempo entre dos bocados sucesivos aumenta considerablemente cuando la estructura del pasto se presenta muy alta y con elevada dispersión de hojas en la parte superior del dosel. En consecuencia, la velocidad de ingestión es restringida por el aumento de

movimientos mandibulares para manipulación del forraje cosechado (Nabinger y Carvalho, 2009).

Gonçalves et al., citados por Nabinger et al. (2011) demuestran que, bajo condiciones limitantes de ingestión, los animales visitan más sitios alimentarios y permanecen menos tiempo en cada una. Siendo, en condiciones de baja oferta de forraje el número de sitios alimentarios visitados similar al número potencial de sitios existentes.

En el mismo orden, el número de estaciones alimentarias decrece linealmente con el aumento de la oferta de forraje en función de la masa de forraje y de la altura del pasto "entre matas", pero también depende de la frecuencia de ocurrencia de las mismas (Mezzalira et al., citados por Nabinger et al., 2011).

En pasturas sobrepastoreadas, el tiempo diario de pastoreo puede aumentar en más de dos horas en relación a una pastura en condiciones de alta oferta (Pinto et al., Mezzalira, citados por Nabinger et al., 2011). Ese aumento en la actividad diaria de pastoreo es consecuencia de la disminución del número de refecciones (comidas) y aumento del tiempo de duración de cada comida debido a la limitación de la profundidad del bocado impuesta por la altura del estrato inferior del pasto (preferido por los animales).

Garín et al. (1993) encontraron que la altura de forraje disponible determina el 33% de la variación en la ganancia de peso. Las máximas ganancias se registran con 13 cm de altura del disponible y a partir de esta disminuye. Esta caída se explicó a través de una disminución en la calidad de la pastura. Por otro lado, la intensidad de pastoreo explicó el 27% de la ganancia de peso, alcanzando un máximo de ganancia con $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS remanente.

Por tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos por Gonçalves (2007), puede ser considerada un estrato de 10-12cm y $2000\text{-}2500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS como óptima de ingestión de MS y a fajas menores a 8cm y $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS, así como mayores a 12cm y $2500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS estarían limitando la ingestión de MS. Las fajas de 8-10cm y $1500\text{-}2000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS fue considerada no limitante en el desempeño animal, o sea, en el cual el tiempo de pastoreo puede compensar algunas limitaciones en estructura.

El entendimiento de los efectos de la estructura sobre el proceso de ingestión explica los resultados de Aguinaga, Soares et al., Pinto et al., citados por Nabinger et al. (2011), los cuales al alterar la oferta en primavera de los tratamientos que venían con oferta de 12% todo el año, para 8% durante la

primavera lograran ganancias por hectárea superiores a los 230 kg/año, como resultado del cambio en la estructura del pasto. Se comprueba entonces la posibilidad de aumentar en por lo menos tres veces la producción promedio regional en sistemas de recría y engorde a campo natural, simplemente controlando el encañado de *Andropogon lateralis*, la principal especie cespitosa en la región de estudio, al "forzar" su consumo en primavera y con eso eliminando los tallos en principio de encañado (Nabinger et al., 2009).

2.6. EFECTOS EN EL FORRAJE DISPONIBLE Y EL MATERIAL COSECHADO EN LA DIETA ANIMAL

Proveer pasturas que teóricamente satisfacen las necesidades de los animales en pastoreo no es garantía que el forraje producido será eficientemente utilizado en la producción animal (Vizard y Foot, citados por Brizuela y Cibils, 2011).

Illius y Gordon, citados por Montossi et al. (2000), expresan que las limitantes en la tasa de consumo de nutrientes están dadas principalmente por la complejidad de la estructura y composición de la vegetación, así como por la necesidad de consumir una dieta variada para balancear el consumo.

La disponibilidad de materia seca es una variable que guarda una relación cuantitativa con el comportamiento animal, al incidir directamente sobre la cantidad de forraje a consumir y una relación cualitativa por las posibilidades de seleccionar una dieta más hojosa y digestible, cuanto mayor sea la disponibilidad (Milot et al., 1987).

Asimismo, la relación entre forraje disponible, consumo y comportamiento animal es curvilínea, ocurriendo aumentos decrecientes de dichas variables frente a cada aumento en el forraje disponible hasta un máximo, que generalmente ocurre en disponibilidades 3 o 4 veces el volumen de forraje consumido, siendo más estrecha esta relación cuando se considera el forraje verde (Hodgson, citados por Milot et al., 1987).

Heitschmidt y Taylor, citados por Brizuela y Cibils (2011), indicaron que a cargas muy altas la declinación de la ganancia de peso individual se aparta de la linealidad dado el rápido deterioro de las condiciones de las pasturas, tanto en años favorables como desfavorables para el crecimiento de los recursos forrajeros.

La dieta de vacunos que ingresan a un potrero con alta disponibilidad de forraje hojoso, presenta elevada proporción de hojas y si bien disminuye 15 días después, se mantiene en un nivel superior al del forraje en oferta,

concluyendo que en situaciones de escasez de material de superior calidad (poca presencia de hojas, etc.) es posible cierta reducción en el tamaño de bocado y/o tasa de consumo (Millot et al., 1987).

La alimentación de menor cantidad de animales y dietas de mayor o menor valor nutritivo dependiendo de la vegetación utilizada y la carga, permitirían o no expresar diferentes niveles de selección por parte de los animales (Brizuela y Cibils, 2011).

Varios trabajos experimentales como los de Kenny y Black, Black y Kenny, Arnold, Bazely, Biack, Illius y Gordon, Laca y Demment, Illius et al., Demment et al., Laca et al., citados por Montossi (2000) sugieren que los ovinos y vacunos prefieren el forraje que pueda ser consumido con mayor rapidez (o a una alta tasa), a pesar de que este hecho resulte en el consumo de una dieta de menor digestibilidad).

La composición de la dieta animal en pastoreo puede no relacionarse a la proporción de plantas o sus partes presentes en una pastura. Los rumiantes, de acuerdo con el forraje disponible seleccionan hojas sobre tallos y material verde respecto al seco, obteniendo así una dieta de mayor calidad; por lo tanto, el material verde es un importante factor en determinar el horizonte de pastoreo. Esto está relacionado al hecho que el componente verde de la pastura es más seleccionado por su mejor accesibilidad y facilidad de consumo por los animales en pastoreo, siendo por lo tanto consumidos a una tasa mayor.

De igual forma, autores como Chacón y Stobbs, Van Dyne, Arnold, Clark et al., Hodgson, L'Huillier et al., Vallentine, citados por Montossi et al. (2000) han documentado claramente que la dieta consumida por animales en pastoreo, contiene generalmente mayor proporción de hojas verdes y tejidos vivos, asociada a su facilidad de cosecha ya que las hojas tienen estructuras menos rígidas y de mayor facilidad de ruptura que los tallos y tejidos muertos que son consumidos en menor proporción, que la que se encuentra en el forraje ofrecido al animal.

Según Poppi et al., citados por Montossi et al. (2000), la respuesta sería una mayor selección por parte del animal, llevando esto a una reducción del consumo, y cuando las pasturas contienen más de un 70% de material muerto, la dificultad para cosechar los componentes verdes de la misma es uno de los principales factores que influyen en el menor consumo alcanzado, provocando todos estos factores un detrimento en la utilización. El rechazo al material muerto encuentra su razón debido a su baja preferencia por presentar baja digestibilidad y a su inaccesibilidad ya que se encuentra en la base de la pastura.

Del mismo modo, Millot et al. (1987), mencionan que a medida que avanza el ciclo de maduración de una pastura, la calidad del forraje disminuye debido a, la translocación de carbohidratos y proteínas hacia inflorescencias y frutos, al aumento de la lignificación de las paredes celulares y a la disminución de la relación hoja/tallo fundamentalmente en la fracción gramínea, ya que en las leguminosas estos cambios son menos marcados.

La selectividad puede ser modificada por la proporción relativa y distribución de plantas o partes, en el perfil. La pastura es modificada al alterarse las relaciones de competencia entre sus componentes por un consumo diferencial de los mismos. Por ende, las plantas menos consumidas estarán en mejores condiciones de reservas y área foliar remanente para un rápido rebrote, por lo que paulatinamente se harán dominantes en el tapiz (Millot et al., 1987).

Millot et al. (1987), denotan la existencia de una gran variabilidad entre especies en su grado de apetecibilidad por el animal y en su valor nutritivo. Exceptuando problemas de meteorismo o desbalance que resultan de diarreas dietéticas, en general las leguminosas son de mayor valor nutritivo que las gramíneas y entre éstas las templadas.

Para Montossi et al. (2000) la elección entre diferentes fuentes alternativas de forraje está fuertemente influenciada por la tasa de consumo potencial, la cual está primariamente controlada por la altura y el volumen de forraje de la pastura, por la distribución estructural, tanto vertical y horizontal de la planta y de la pastura, condicionada a su vez por la experiencia previa inmediata del animal en pastoreo (Newman et al., 1992), por la experiencia del animal en el largo plazo (Flores et al. 1989a, 1989b), y en última instancia por el grado de apetito del animal (Newman et al., 1994).

Con relación al patrón de pastoreo, fue observado por Demment et al., citados por Montossi et al. (2000), que la selección de sitios de pastoreo por novillos estuvo basada en la altura por sobre la densidad de la pastura, concentrando su pastoreo sobre parches que facilitaron una mayor tasa de consumo potencial.

En condiciones de pastoreo, se han registrado tasas de desaparición de forraje en relación al forraje disponible de 30 a 50%, resultando muy difícil superar el 50% de utilización (Berretta, 1994). Hay evidencia, según Millot et al. (1987) de que en los primeros días de pastoreo se produce una rápida desaparición del forraje disponible, siendo más pronunciada la disminución en

el caso de las leguminosas en un tapiz mixto y general de todas las especies preferidas.

2.7. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

Ho: la fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas, junto a la fertilización fosfatada, no afectarán el desempeño por animal (ejemplo: ganancia media diaria) no diferenciándose de la performance animal en campo natural.

Ha: hay efecto de las tecnologías aplicadas sobre el desempeño animal.

El efecto de la intervención del campo natural a través de la introducción de leguminosas y la fertilización nitrogenada modificará la producción de forraje y consecuentemente permitirá aumentar la receptividad animal.

La introducción de leguminosas y la fertilización nitrogenada generarán una mayor ganancia individual animal que el campo natural como consecuencia de la promoción del crecimiento de especies de tipo productivo fino y tierno.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO DE EVALUACIÓN

El experimento se realizó en Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”), ubicada en el km 363 de la ruta General Artigas No. 3, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9" latitud Sur y 58° longitud Oeste), abarcando un área de 10,08ha., comprendidas en el potrero 18.

El período de evaluación del experimento estuvo comprendido entre el 10 junio 2019 y 23 diciembre 2019. El mismo fue dividido en tres períodos: el período de invierno abarca el período del 10 junio al 15 de agosto, invierno primavera comprende desde 15 agosto al 22 de octubre y la primavera desde 22 octubre al 23 de diciembre.

3.2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

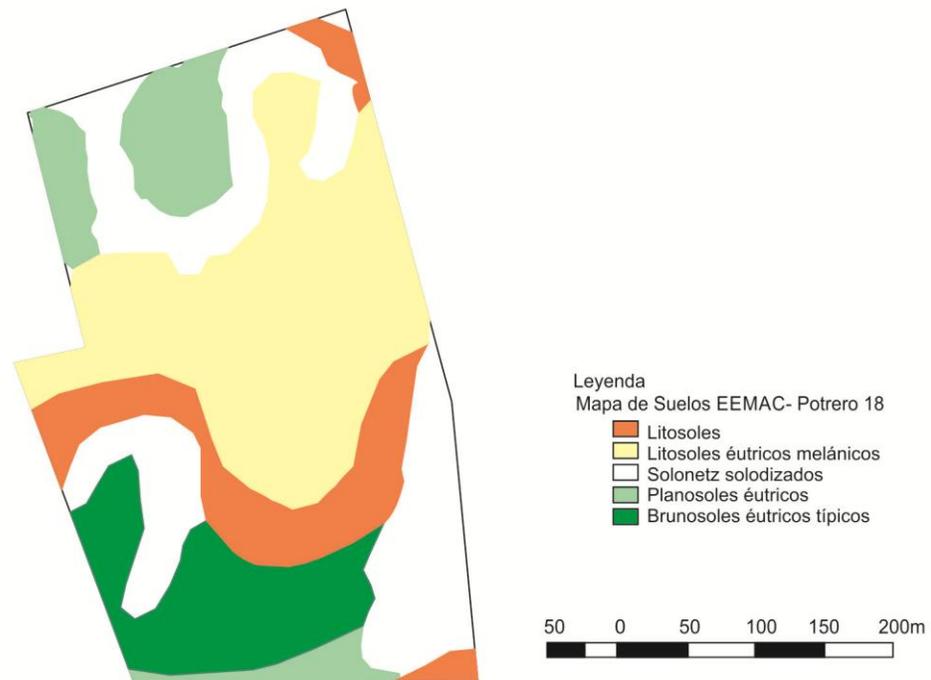
Las variables climáticas que fueron evaluadas fueron: temperatura media del aire (°C) y precipitaciones acumuladas (mm), así como la evapotranspiración potencial (mm). Los datos fueron obtenidos de la estación automática de la EEMAC, para el período 2002-2018. Se analizaron las condiciones para el año en estudio (2019) y se realizó un estudio comparativo entre ellos.

La zona presenta un clima templado, con una temperatura media anual entorno a los 18°C para el período de evaluación, igual a la registrada en el promedio histórico (2002-2018). Las temperaturas medias en invierno fueron de 13 °C, mientras que en primavera las mismas fueron de 18°C, difiriendo en un °C la temperatura media de invierno con respecto al promedio histórico (12°C).

El régimen de precipitaciones es Isohigro, registrándose un promedio de 1506,8 mm anuales (Estación automática EEMAC para el período 2002-2018), la que supera en un 25,5% a las precipitaciones promedio de Uruguay (1200,0 mm) con coeficiente de variación anual de 6% (Anexo 1). La variabilidad de las precipitaciones se caracteriza por su irregularidad y variabilidad interanual, por lo que pueden ocurrir durante cualquier estación del año y se pueden dar tanto períodos de sequía como de exceso de lluvias. Dadas estas características, según la clasificación de Köeppen el clima de la región es de tipo Cfa (MDN. DNM, 2009).

3.3. SUELOS

El área experimental se sitúa sobre suelos pertenecientes a la Unidad San Manuel, según la Carta de reconocimientos de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976). Presenta como suelos dominantes Brunosoles Éútricos típicos, asociándose con Brunosoles Éútricos Lúvicos y Solonets, y como accesorios Litosoles Éútricos Melánicos y Planosoles Éútricos Melánicos, desarrollados sobre Lodolitas de la formación Fray Bentos (Bossi, 1969). En cuanto a la pendiente, la misma se caracteriza por ser moderada y tener lomadas suaves (Durán, 1985).



Escala 1:5000

Figura 2. Croquis del sitio experimental en superposición con el mapa de suelos de la EEMAC

3.4. VEGETACIÓN

Se caracteriza por un tapiz de campo natural virgen en vegetación de parque, siendo la estructura vegetal caracterizada por la presencia de tres estratos bien definidos, un estrato superior dominado por especies arbustivas característica de monte parque como *Acacia caven* (espinillo) asociada a *Prosopis affinis* (ñandubay). En el estrato medio se destacan especies

arbustivas y subarbustivas, clasificadas como malezas de campo sucio, como *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eupatorium buniifolium* y subarrossetadas como *Eryngium horridum*, a lo que se le suman los re-nuevos post-tala de las especies arbustivas. En el estrato inferior se evidencia la presencia de una vegetación herbácea, principalmente dominada por gramíneas estivales como *Bothriochloa laguroides*, *Bouteloua magapotámica*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum* y *Setaria vaginata*. e invernales como *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa charruana* y *Stipa setigera*. A éstas se asociación especies de leguminosas, siendo la más frecuente *Adesmia bicolor*, *Desmodium incanum*, *Phaseolus postratus*, *Medicago lupulina* y *Trifolium polymorphum*.

Los animales utilizados en el experimento fueron vaquillonas de 2 años de edad, cuyo peso promedio del experimento 1, al inicio (10 de junio de 2019) fue de 262 ± 18 kg PV (total animales 266 ± 31) y el peso promedio correspondiente al experimento 2 fue de 245 ± 8 kg PV (total animales 260 ± 28 siendo el promedio de peso homogéneo en ambos experimentos. Los animales fueron asignados al azar a los distintos tratamientos.

3.5. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES

El área experimental corresponde a “campos vírgenes”, indicado por la presencia de especies indicadoras como *Geranium albicans* y *Dorstenia brasiliensis* (Rosengurtt, 1979), así como la abundancia de *Bromus auleticus*.

El experimento cuenta con un área (bloque 5A y 5B) con historia de fertilización NP, previo a 2012, por lo que se consideran como un experimento aparte.

3.6. TRATAMIENTOS

Se consideran dos experimentos de acuerdo con la historia de fertilización de las áreas evaluadas.

El experimento 1 comprende los bloques 1, 2, 3, 4, y está basado en 4 tratamientos, los cuales comprenden 3 niveles de intervención sobre el CN, siendo dos niveles de fertilización nitrogenada, 60 kg.ha^{-1} (60N) y 120 kg.ha^{-1} (120N) de nitrógeno bajo forma de urea y divididas las dosis en dos aplicaciones, otoño e invierno. Otro tratamiento corresponde a campo natural mejorado (CNm) con siembra en cobertura de 6 kg.ha^{-1} de *Lotus tenuis* cv. Matrero y 6 kg.ha^{-1} de *Trifolium pratense* cv. Estanduela 116. El tratamiento testigo campo natural (CN), no recibió siembras ni fertilizaciones.

Junto con la siembra de leguminosas y fertilizaciones nitrogenadas se realizó una fertilización con 40 kg.ha^{-1} de P_2O_5 con 100 kG.ha^{-1} de 7-(40/40)-0 + 4% S.

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

El experimento 2 correspondiente al área del bloque 5, que está subdividido en 8 parcelas, en un campo natural con historia de fertilización N+P. Los tratamientos aplicados constan de fertilizaciones NP similares en dosis y momentos de aplicación a las utilizadas en el experimento 1.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la producción primaria del experimento 1 el diseño fue en bloques completos al azar (DBCA), con cuatro repeticiones, siendo el criterio de bloqueo, las pendientes y los tipos de suelo, mientras que en el caso de la producción secundaria el diseño utilizado fue completamente al azar, pudiéndose observar en la Figura 3.

En referencia al experimento 1, los bloques 1, 2, 3 y 4 fueron divididos en cuatro parcelas y los tratamientos fueron distribuidos al azar en cada bloque. El área promedio de cada parcela fue de 0,72, 0,71, 0,26 y 0,26 ha. en CN, CNm, 60N y 120N respectivamente, abarcando un total de 7,86 ha.

Con respecto al experimento 2, el diseño experimental utilizado fue DBCA, en parcelas divididas, con 8 repeticiones, el cual corresponde al bloque 5, fue dividido en dos, bloque 5a y bloque 5b, los cuales a su vez se subdividieron en 4 parcelas de aproximadamente 0,26 ha. cada una, donde se adjudicaron al azar los dos tratamientos, 60 y 120. El área total del experimento 2 es de 2,22 ha.

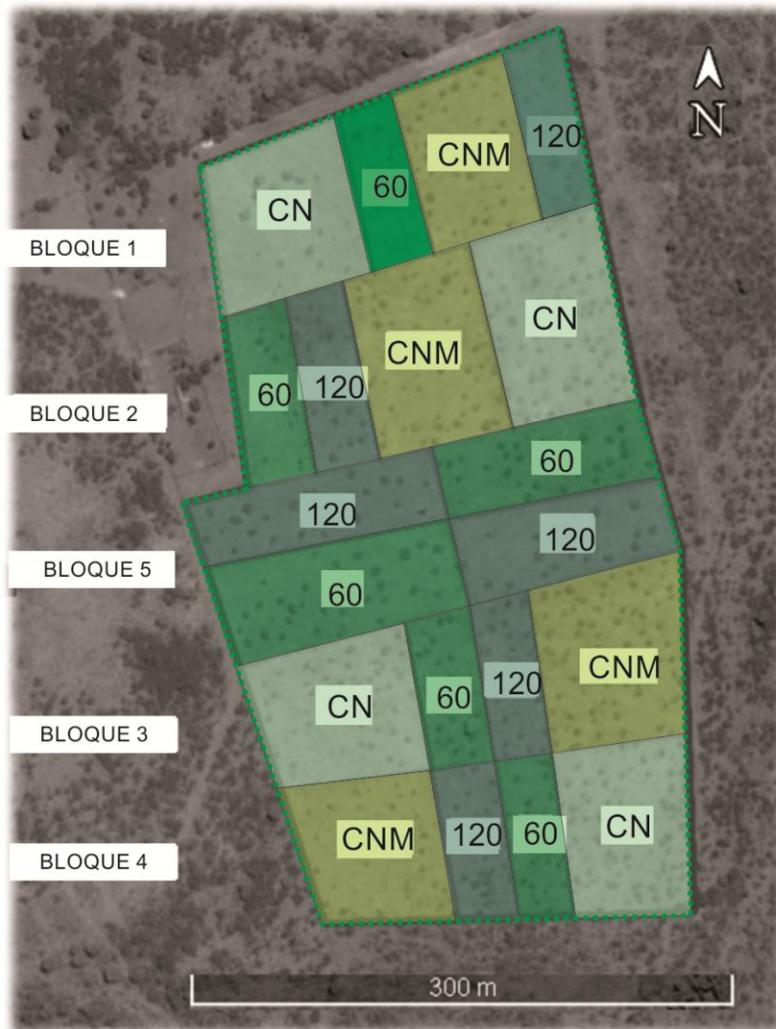


Figura 3. Croquis del área del experimento con bloques y sus respectivos tratamientos. Potrero 18

3.8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.8.1. Manejo experimental

El método de pastoreo utilizado fue rotativo con carga variable, de dicha forma se ajusta la OF de forraje a la estación del año. A priori, se determinó una OF de 6 a 8% de PV para invierno y de 10 a 12% en primavera. Para lograr dicho objetivo, la OF se ajustó utilizando animales fijos, llamados “tester”, y animales “volantes”, según el método de “put-and-take”. Este método permitió que las comparaciones entre tratamientos sean válidas, ya que el ajuste de la

OF generó que la variable carga animal sea función de la producción de la pastura, logrando así intensidades de pastoreo uniformes (Blaser et al., Lucas, Mott, Mott y Lucas, citados por Maraschin, 1993).

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

3.8.2. Determinaciones en producción primaria

3.8.2.1. Estimación de la materia seca presente ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Para la estimación de la MS presente previo al ingreso de los animales ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS pre pastoreo) y posterior a la salida de los animales ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS remanente) se aplica el método de doble muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975) combinado con el método Botanal (Tothill et al., 1992). Este método permite la estimación de la contribución porcentual al forraje presente de especies y/o grupos previamente establecido. Para determinar los $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS se utilizaron dos métodos: escala visual y medidas de altura del forraje.

Se realiza un muestreo sistemático recorriendo el área total de las parcelas, procurando que sea homogéneo y representativo, para el método de escala visual se definieron cinco escalas para cada período de muestreo, fijando un ranking del 1 al 5 en base a la materia seca presente (altura y densidad).

Se cortan tres repeticiones para cada uno de los cinco valores de la escala, con tijera de aro a 1 cm de altura desde el suelo, dentro de aros de $0,102\text{m}^2$ ($0,36\text{m}$ de diámetro). A las mismas se les determinó el peso fresco y seco luego de permanecer en estufa de aire forzado a $60\text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 hs. Con el peso seco se calcula los $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS por muestra.

Para el método de altura de forraje se realizaron cinco medidas de altura dentro de cada aro de escala visual. Para dicha determinación se registró la altura de la hoja verde más alta que contactaba con una regla graduada en cm (Cayley y Bird, 1991).

El número de muestras analizadas fue de 30 en las parcelas fertilizadas con nitrógeno, 50 en las parcelas de CN y CNm y 40 en las parcelas del bloque 5. En el primer ciclo de pastoreo se midió la materia seca remanente únicamente mediante la altura, realizándose 100 mediciones en las parcelas de CN y CNm y 50 en las parcelas de 60N, 120N, 60N B5 y 120N B5. En el segundo ciclo, el remanente se midió por altura y escala de apreciación visual.

Luego con los pares de valores de kg.ha^{-1} de MS y altura del forraje (cm) y con los kg.ha^{-1} de MS y valores de la escala visual, se ajustaron las ecuaciones de regresión que relacionan la altura de la pastura y los kg.ha^{-1} de MS presente o valor de escala visual y kg.ha^{-1} de MS presente, respectivamente.

Por último, se ajustan las ecuaciones de regresión para los valores de kg.ha^{-1} de MS tanto por escala como por altura, y se seleccionó el de mayor coeficiente de determinación de las funciones (R^2). De acuerdo al valor seleccionado, se ingresaron los valores a y b de la regresión en la planilla Botanal y se obtuvieron los kg.ha^{-1} de materia seca presente en cada parcela y por grupo de especie evaluada.

3.8.2.2. Estimación materia seca producida (ProdT MS- kg.ha^{-1})

La producción de MS corresponde a la suma del forraje producido en cada ciclo de pastoreo. Dichas producciones fueron obtenidas como la sumatoria entre lo producido en los períodos de descanso (diferencia entre los kg.ha^{-1} de MS presente al inicio del pastoreo y los kg.ha^{-1} de MS remanente del pastoreo anterior) más lo producido durante el período de pastoreo ($\text{TC} \cdot \text{días}$).

3.8.2.3. Estimación de la tasa de crecimiento del forraje ($\text{kg.ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$)

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

3.8.2.4. Estimación de la materia seca disponible (MSD- kg.ha^{-1})

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

3.8.2.5. Materia seca remanente (MSR- kg.ha^{-1})

La materia seca remanente (MSR) se obtuvo estimando la materia seca presente al final de cada pastoreo.

3.8.2.6. Altura de forraje disponible y remanente (AltD/ AltR- cm)

Tanto la altura disponible (AltD) como remanente (AltR), fueron estimadas mediante el promedio de medias de alturas registradas en cada aro y

entre aros, para determinar tanto altura de disponible como de remanente de cada parcela.

3.8.2.7. Materia seca desaparecida

Para calcular la materia seca desaparecida (MSDes) se calculó la diferencia entre la materia seca disponible (corregida por la tasa de crecimiento: MS presente +TC* días de pastoreo) al inicio del pastoreo (MSD) y la materia seca remanente al fin del pastoreo (MSR). En base a los kg MSD se halló el porcentaje de desaparecido (Des.= [kg MSDes/kg MSD]*100).

3.8.3. Determinaciones en producción secundaria

3.8.3.1. Carga (kgPV.ha⁻¹)

Para determinar la carga en kg de peso vivo por ha (kgPV/ha) se pesaron mensualmente los animales con previo ayuno de 12 horas. Se convirtió el dato de PV de la parcela a hectárea.

3.8.3.2. Peso Vivo (PV)

El peso se determinó mediante pesadas con balanza electrónica cada 30 días. Los animales antes de ser pesados se mantuvieron en ayuno por 12 horas, como medida para disminuir el error que puede ocurrir por variaciones en llenado diferencial del tracto digestivo.

3.8.3.3 Unidades ganaderas por parcela

Se define una unidad ganadera (UG) como los requerimientos de una vaca de 380 kg en mantención (Crempien, 1995). Para el cálculo de las UG por parcela se dividió los kg de PV animal de cada parcela, entre 380.

3.8.3.4 Carga media e instantánea (CM/ CI- kgPV.ha⁻¹)

Para la estimación de la carga media se calcularon los kg de PV y se dividieron por la superficie total de cada tratamiento, mientras que para la carga instantánea (CI), los kg PV se dividieron sobre la superficie de la parcela al momento en que pastoreaban. Se calcularon para cada período y luego se ponderaron para el total del mismo.

3.8.3.5. Oferta de forraje (%)

La oferta de forraje (OF) se define como, los kg de materia seca cada 100 kg de PV animal por día. Se calculó como, los kg de MS disponible por parcela por día de pastoreo, dividido los kg de peso vivo.

3.8.3.6. Ganancia de peso vivo animal (GMD- $\text{kg}\cdot\text{an}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$)

Para el cálculo de la ganancia individual en kilogramos por día ($\text{kg}\cdot\text{an}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) se restó del peso final el inicial de cada animal en cada período y se dividió entre los días del mismo. Las ganancias individuales fueron corregidas por peso vivo inicial y edad de los animales.

3.8.3.7. Animales/día (ND- $\text{animales}\cdot\text{día}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Se calcula considerando los kg PV promedio por período, corregido por superficie, el cual se divide por el peso promedio del tester, determinando los $\text{animales}\cdot\text{día}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ que soporta cada tratamiento en cada periodo.

3.8.3.8. Ganancia por unidad de superficie ($\text{G}\cdot\text{ha}^{-1}$ - $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Para la ganancia de kg de PV por unidad de superficie (G/ha) se partió del valor de ND de cada periodo y tratamiento, multiplicado por la GMD correspondiente y por los días.

$$\text{ND} (\text{an}\cdot\text{día}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}) * \text{GMD tester} (\text{kg}\cdot\text{an}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}) * \text{días} = \text{G/ha} (\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1})$$

3.9. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Ho: $\hat{\sigma}_1 = \hat{\sigma}_2 = \hat{\sigma}_3 = \hat{\sigma}_4$ Los tratamientos tienen todos efectos iguales

Ha: al menos un tratamiento efecto diferente $\hat{\sigma}_i$

Siendo,

$\hat{\sigma}_1$ - Campo natural (CN)

$\hat{\sigma}_2$ - Campo natural mejorado con *Trifolium pratense* y *Lotus Tenuis* (CNm)

$\hat{\sigma}_3$ - Campo natural fertilizado con 60 unidades de nitrógeno (60N)

$\hat{\sigma}_4$ - Campo natural fertilizado con 120 unidades de nitrógeno (120N)

Los tratamientos fueron distribuidos al azar en cada parcela.

3.10. MODELO ESTADÍSTICO

3.10.1. Modelo estadístico de la pastura

3.10.1.1. Experimento 1

- Diseño utilizado: Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) en parcelas divididas.

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_j + E(a) + \gamma_k + t\gamma_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Siendo,

Y: variable de interés.

μ : media experimental general.

t_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

β_j : efecto del j-ésimo bloque.

γ_k : efecto de la k-ésimo periodo.

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

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

Error (a) calculado como interacción entre bloque x tratamiento

Se realiza el análisis de varianza, y posterior comparación de medias por el test de Tukey con niveles de significancia de $p=0,1$

- Contrastes ortogonales al efecto de los tratamientos

i. ¿Hay efectos de los niveles crecientes de la intervención del campo natural?

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

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

$$H_0: t_{CN} = (t_{CNm} + t_{60N} + t_{120N}) \hat{U} \quad H_0: t_{CN} - t_{CNm} - t_{60N} - t_{120N} = 0$$

$$H_a: t_{CN} \neq (t_{CNm} + t_{60N} + t_{120N}) \hat{U} \quad H_0: t_{CN} - t_{CNm} - t_{60N} - t_{120N} \neq 0$$

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

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

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

$$H_0: t_{CNm} = (t_{60N} + t_{120N}) / 2 \quad H_0: t_{CNm} - t_{60N} - t_{120N} = 0$$

$$H_a: t_{CNm} \neq (t_{60N} + t_{120N}) / 2 \quad H_a: t_{CNm} - t_{60N} - t_{120N} \neq 0$$

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

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

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

$$H_0: t_{60N} = t_{120N} \quad H_0: t_{60N} - t_{120N} = 0$$

$$H_a: t_{60N} \neq t_{120N} \quad H_a: t_{60N} - t_{120N} \neq 0$$

3.10.1.2. Experimento 2

Resumen de las características del experimento

- Diseño utilizado: Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_j + E(a) + \gamma_k + t\gamma_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Siendo,

Y: variable de interés.

μ : media experimental general.

t_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

β_j : efecto del j-ésimo bloque.

γ_k : efecto de la k-ésimo periodo

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

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

Error (a) calculado como interacción entre bloque x tratamiento

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

- Contraste al efecto de los bloques

i. ¿Hay efectos a la dosis aplicada de nitrógeno?

H_0 : no hay efectos a la dosis de fertilización nitrogenada

H_a : si hay efectos a la dosis de fertilización nitrogenada

$$H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \quad \hat{U} \quad H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 = 0$$

$$H_a: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 \neq \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \quad \hat{U} \quad H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 \neq 0$$

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

H_0 : no hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada

H_a : si hay efectos a la historia de fertilización nitrogenada

$$H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \quad \hat{U} \quad H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 = 0$$

$$H_a: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 \neq \beta_5 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 \quad \hat{U} \quad H_0: \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - \beta_5 - \beta_6 - \beta_7 - \beta_8 \neq 0$$

3.10.2. Modelo estadístico producción secundaria y oferta de forraje

3.10.2.1. Experimento 1

- Modelo estadístico para la GMD

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

Siendo,

Y: variable de interés, ganancia de peso animal

β_0 : intercepto.

t_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.
 β_1 : coeficiente de regresión de la covarianza PI.
PI: peso animal al inicio del experimento (covariable).
 ε_i : es el error aleatorio asociado a la observación Y_i .

- Modelo estadístico para OF

$$Y_i = \mu + t_i + \varepsilon_i$$

Siendo,

Y: variable de interés.
 μ : media experimental general.
 t_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.
 ε_i : es el error aleatorio asociado a la observación Y_i .

- Hipótesis estadísticas

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

Se realizaron los mismos contrastes ortogonales para las variables de producción secundaria que los mencionados en producción primaria para dicho experimento.

3.10.2.2. Experimento 2

- Resumen de las características del experimento:

- Diseño utilizado: Diseño Completamente al Azar (DCA)
- Tratamientos:
 1. Fertilización con 60 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (60 N).
 2. Fertilización con 120 unidades de nitrógeno anual y fertilización fosfatada (120 N).
- Bloques: 2, del 1 al 4 y del 5 al 8
- Partición: según periodo, invierno, invierno-primavera y primavera.
- Covariables: peso vivo inicial para el caso de la GMD

- Modelo estadístico para la GMD

$$Y_i = \beta_0 + t_i + \bar{\delta}_j + \beta_1 * PI + \varepsilon_i$$

Siendo,

Y: variable de interés, ganancia de peso animal.

β_0 : intercepto.

t_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

δ_j : efecto bloque.

β_1 : coeficiente de regresión de la covarianza PI.

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

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

Modelo estadístico para el resto de las variables:

$$Y_i = \mu + t_i + \delta_j + \epsilon_i$$

Siendo,

Y: variable de interés.

μ : media experimental general.

t_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

δ_j : efecto bloque.

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

□ Hipótesis estadística

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

- Efecto tratamiento:

$$H_0: t_{60N} = t_{120N}$$

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

El análisis estadístico se realizó en el programa estadístico InfoStat.

Se realizaron los mismos contrastes ortogonales para las variables de producción secundaria que los mencionados en producción primaria para dichos experimentos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Con respecto al clima se debe destacar que donde se ubica el territorio uruguayo, presenta condiciones que no tienen homólogas en el mundo (Carámbula, 1996), ya que se trata de una región de transición entre los ambientes templado y sub-tropical, indefinida y con características específicas que permite afirmar que no existe un clima concreto sino simplemente un estado del tiempo. Dicho autor señala que “La presencia de cambios diarios bruscos en las temperaturas y la ocurrencia de períodos impredecibles de sequía y excesos de humedad, entre otros, convergen en forma concluyente a definir estas situaciones. No obstante, la predominancia de gramíneas perennes que se registra en estos suelos indica en forma clara que las presiones climáticas no son muy intensas y que no son periódicas sino variables.

Por lo mencionado anteriormente, es importante considerar muy particularmente las condiciones climáticas del período que abarcó este trabajo.

4.1.1. Temperatura y precipitaciones

En la Figura 4, se puede observar la temperatura media y precipitaciones acumuladas ocurridas en el año del experimento (2019), comparadas con la temperatura media y precipitaciones de la serie histórica (2002-2018).

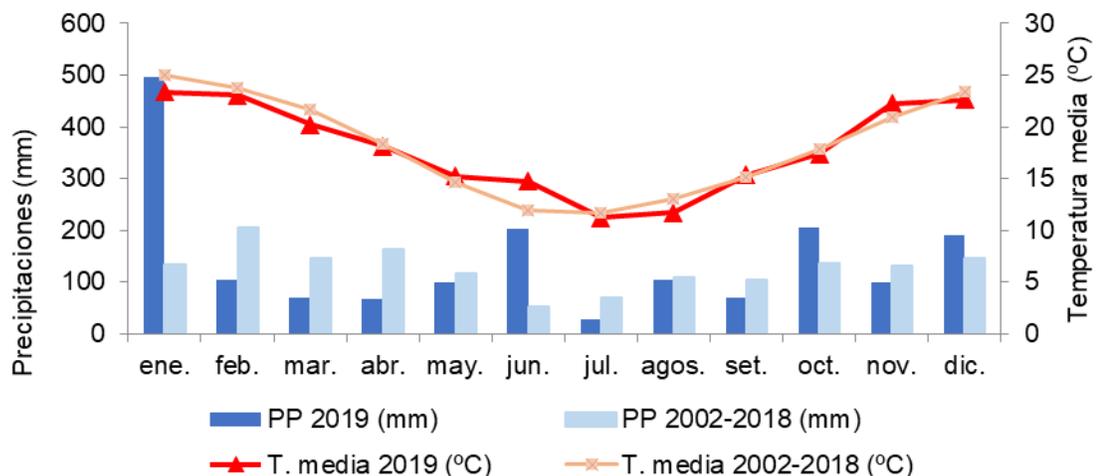


Figura 4. Evolución de PP acumulada (mm) y T. media (°C) en el año del experimento (2019) y en serie histórica (2002-2018)

Las condiciones climáticas durante el período experimental se presentaron diferentes frente al mismo período en la serie histórica.

Se puede visualizar como en el período de realización del experimento (junio- diciembre), en lo que corresponde a la estación invierno sólo en el mes de junio estuvo por encima del promedio, en 3°C, en cambio en los restantes meses de la estación se registraron temperaturas medias 1°C por debajo del promedio. En relación a la temperatura en la estación de primavera, en el primer mes (setiembre), la temperatura se mantuvo igual al promedio, descendiendo en el mes siguiente, y elevándose 1°C por encima del promedio en el mes de noviembre.

Al comparar las precipitaciones ocurridas, en el año del experimento se sucedieron un 15% más respecto a las precipitaciones promedio histórico anual. Para los meses del experimento (junio- diciembre) el porcentaje corresponde a 20%. Se puede apreciar que en el mes de junio las precipitaciones fueron considerablemente mayores, en relación con el promedio, cuadruplicándolas, lo que genera un aumento de 46% de las precipitaciones en la estación de invierno. También son destacables las precipitaciones en el mes de noviembre, siendo 1,5 veces más que el promedio. En el resto de los meses, los registros de éstas son menores que el promedio histórico.

4.1.2. Balance hídrico

A través del registro de precipitaciones y evapotranspiración potencial se calculó el balance hídrico del período junio - noviembre de 2019. Mediante éstos se halló el almacenaje de agua en el suelo (Alm.) y la evapotranspiración real (ETR), teniendo en cuenta que en los suelos CONEAT 11.3 el agua potencialmente disponible neta es de 86 mm (Molfino, 2009). A partir de estos datos se calcularon los períodos de excesos y déficit hídricos. Se tomó como punto de referencia el 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN), debido a que por debajo de este porcentaje se dificulta la absorción de agua por parte de las plantas (García Petillo, 2012).

Dada la variabilidad de las precipitaciones en el transcurso del experimento, se puede observar en la Figura 5 como el agua almacenada (mm) que copia la curva que describe las mismas (mm), se encuentra siempre por encima del punto de marchitez permanente (40%APDN), lo que sugiere que las plantas tienen acceso al agua disponible, pudiendo extraer agua en condiciones medias de humedad, sin grandes limitantes. En los períodos donde las precipitaciones no son suficientes para abastecer la demanda ($PP < ETP$) se observa como el valor de almacenaje de agua en el suelo (mm) disminuyó, ubicándose así períodos de extracción; en cambio, cuando las precipitaciones

exceden los requerimientos ($PP > ETP$), se entra en fases de recarga del suelo, donde el valor de almacenaje va en aumento, hasta llegar en algunos casos a capacidad de campo, generando períodos sostenidos de excesos hídricos (color rojo, total excesos en período: 322,3mm). Conforme avanza el período experimental, lo hace en forma creciente la evapotranspiración potencial como real (ETP y ETR), triplicando el valor inicial del experimento, debido a un aumento de la radiación solar y por ende de la temperatura media, siendo la ETR dependiente de las precipitaciones y del aporte del suelo.

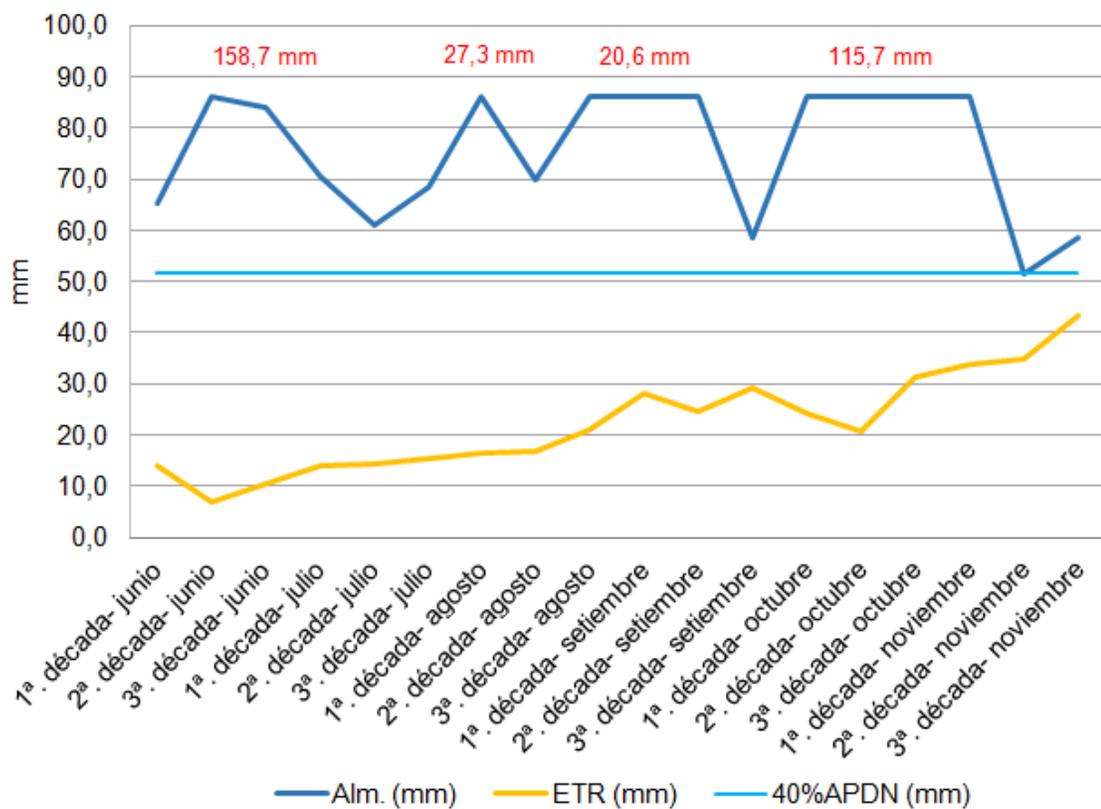


Figura 5. Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm.) y evapotranspiración real (ETR) con respecto al 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN 40%)

De igual forma, reafirmando lo anteriormente dicho, en la Figura 6, a través de las curvas que describen la evapotranspiración potencial (ETP) y la evapotranspiración real (ETR), se observa como en los momentos en los que las curvas no se acompañan, por tanto $ETR < ETP$, se evidencia que las plantas no disponen de la humedad suficiente para evapotranspirar en ese momento según lo requerimientos para crecer, esto coincide con los momentos en que

las precipitaciones son bajas o nulas, mostrando pequeños déficits que no superan los 10mm y un acumulado de 21,6mm.

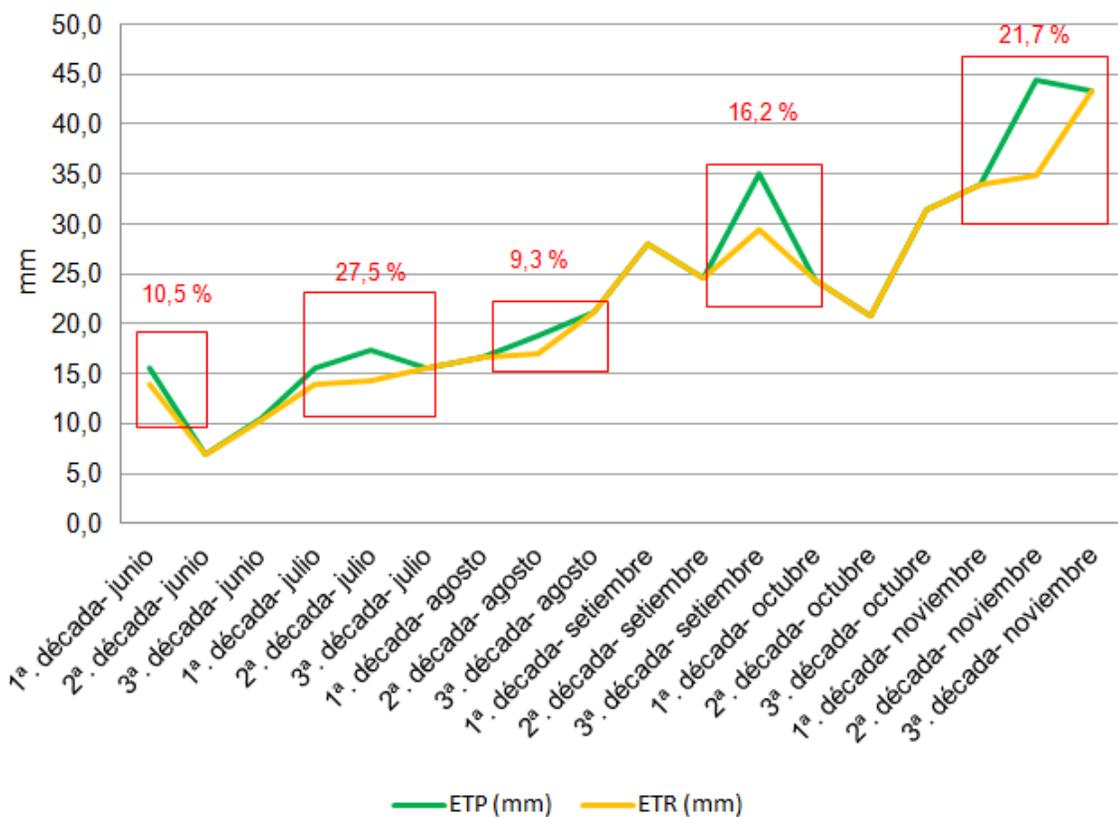


Figura 6. Relación entre ETP (mm) vs. ETR (mm), presentado en forma decádica abarcando período junio- diciembre

4.2. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 1

Se analiza el efecto de niveles crecientes de intervención en campo natural sobre la producción primaria, y en la producción secundaria obtenidos en el período total de evaluación, invierno, invierno-primavera y primavera.

4.2.1. Producción de forraje

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de la significancia estadística de las variables analizadas. Se encontraron diferencias significativas tanto al efecto del tratamiento con diferentes niveles de intervención para las variables ProdT MS, TC, AltD, Rem y Des (%), en cambio el efecto del período fue significativo para las todas las variables de producción de forraje excepto para

MSDes y Des (%). No se evidenció efecto a la interacción de los tratamientos con distinto nivel intervención y el período.

Cuadro 1. Resumen de la significancia estadística del efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento*período; y los tres contrastes sobre la producción de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSdes), forraje disponible (MSD), altura promedio del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente promedio (MSR), altura promedio del forraje remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (MSdes) y el forraje desaparecido promedio en porcentaje (Des) para el total del período de evaluación del experimento 1

Variable	Efecto trat.	Efecto período	Efecto interacción trat.*período	Contrastes		
				1	2	3
ProdT MS (kg.ha ⁻¹)	*	*	n/s	*	n/s	n/s
TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	*	*	n/s	*	n/s	n/s
MSD (kg.ha ⁻¹)	n/s	*	n/s	*	n/s	n/s
AltD (cm)	n/s	*	n/s	*	n/s	n/s
MSR (kg.ha ⁻¹)	*	*	n/s	*	*	n/s
AltR (cm)	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s
MSdes (kg.ha ⁻¹)	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
Des (%)	*	n/s	n/s	n/s	*	n/s

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

En cuanto a los contrastes ortogonales, como se observa en el Cuadro 1, hay variación en cuanto a los resultados del análisis en dichas variables. A partir del contraste ortogonal 1, se pueden comprobar diferencias significativas en algunas de las variables estudiadas, tales como: ProdT MS, TC, MSD, AltD y Rem, AltR, todas a favor del grupo que presenta algún tipo de intervención del campo natural. Se observan diferencias significativas en la variable Rem a favor del tratamiento mejorado con incorporación de leguminosas (contraste ortogonal 2). No se encontraron diferencias significativas a dosis diferentes de nitrógeno anual, 60 vs. 120 kg.ha⁻¹.día⁻¹ (contraste ortogonal 3) para las variables de producción de forraje.

4.2.1.1. Producción de forraje en el total del período

A continuación, se presentan los resultados de producción de forraje del total del período de evaluación.

Cuadro 2. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdT MS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (MSDes) para el total del período del experimento

Tratamiento	ProdT MS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSDes (kg.ha ⁻¹)
CN	3486 B	18,2 B	1349
CNm	5352 A	28,2 A	1831
60 N	4996 A	25,9 A	1597
120 N	4479 AB	23,0 AB	1454

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

En el total del período estudiado, existieron diferencias significativas en la producción de MS ($p=0,0297$) y en la TC ($p=0,0326$). En cambio, no hay significancia para la variable MSDes ($p=0,1732$).

Existió un comportamiento creciente en ambas variables a medida que aumentó la intervención del campo natural, siendo superior CNm y 60 N por sobre el tratamiento sin intervenir, tanto en producción de ProdTMS y TC.

El CN, es el tratamiento que presenta menor media para ambas variables (apoyado esto en los contrastes ortogonales). No hay diferencias estadísticas entre los tratamientos nitrogenados, ni tampoco del CNm frente a estos, pero se constatan diferencias en valores absolutos.

En promedio el tratamiento con incorporación de leguminosas (CNm) supera en un 54 % la tasa de crecimiento que presenta el CN, en igual proporción lo hace la producción total de MS.

Las TC encontradas con el agregado de N fueron superiores a las obtenidas por Boggiano et al. (2000c), quienes con bajas OF y dosis de N entre 170-200 kg.ha⁻¹, obtuvieron crecimientos anuales de 20 kg.ha⁻¹.día⁻¹.

Los valores de TC obtenidos demuestran superioridad frente a datos bibliográficos para todos los tratamientos inclusive para el CN, es decir no solo hay efecto por el agregado de nitrógeno sino que las condiciones no fueron limitantes, no constatándose déficits hídricos de gran magnitud en el período del experimento, siendo las precipitaciones 20% superiores en comparación al mismo período de la serie histórica 2002-2018 de la Estación automática de la EEMAC.

Confirmando los resultados obtenidos, Mazzanti et al., citados por Azanza et al. (2004) reafirman que el N es el factor que mayor impacto tiene

sobre la TC cuando las condiciones no son limitantes, teniendo efecto favorable en la tasa de crecimiento y densidad de macollos.

A su vez, los resultados en producción de forraje son inferiores a lo expuesto por Berretta et al. (2005b), quienes encontraron que con la fertilización NP la producción aumenta 60%.

En cuanto a la eficiencia en el uso del nitrógeno, el tratamiento 60 N fue el que presentó la mayor respuesta, siendo de 25 kg.ha⁻¹/ kg de N; 120 N tuvo una eficiencia de 8 kg.ha⁻¹ por kg de N agregado. De todas formas, dichas eficiencias fueron muy inferiores a las obtenidas por Álvarez et al. (2013), quienes encontraron una respuesta anual de 46 kg.ha⁻¹ por kg de N.

Cuadro 3. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el total del período

Tratamiento	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des (%)
CN	2605	15,6	1257 B	10,3	46,3 B
CNm	3086	17,9	1257 B	10,1	57,3 A
60N	2947	19,0	1351 AB	10,4	49,7 AB
120N	2868	19,1	1414 A	10,8	47,0 B

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

En base al Cuadro 3, se observan diferencias significativas entre los distintos tratamientos en el período total para las variables materia seca remanente (MSR: $p=0,0439$) y Des (%) ($p=0,0488$), sin embargo en las demás variables no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (MSD: $p=0,2734$; AltD: $p=0,1078$; AltR: $0,6728$).

Todas las variables presentaron valores muy similares durante todo el período entre tratamientos. Las diferencias registradas en materia seca remanente pueden deberse a la calidad de la dieta ofrecida, correspondiendo a las gramíneas anuales invernales tiernas finas.

El manejo del pastoreo determinó disponibilidades de forraje (MSD) superior a los 2000 kg.ha⁻¹ MS y remanentes (MSR) superiores a los 1000 kg.ha⁻¹ MS a lo largo del período del experimento en todos los tratamientos (Cuadro 2). Remanentes superiores a 1000 kg.ha⁻¹ MS resultan en una condición favorable para el rebrote de la pastura (Risso et al., 2002).

4.2.1.2. Producción de forraje por período

Se presenta el desglose de producción total por período de estudio, analizando el efecto del período con relación a la tasa de crecimiento ($p=0,0001$) y producción total de materia seca ($p < 0,0001$), se observan diferencias estadísticas entre las mismas, en cambio no hay diferencias significativas para el forraje desaparecido ($p=0,2434$). El período de primavera muestra superioridad para las variables TC y ProdT MS frente a los demás períodos (no habiendo diferencias significativas entre estos).

Cuadro 4. Efecto del período sobre la producción total de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSDes) y forraje desaparecido en porcentaje (Total Des) para el experimento 1

Período	ProdT MS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSDes (kg.ha ⁻¹)
Invierno	1049 B	17,3 B	1467
Inv. – prim.	1233 B	18,3 B	1410
Primavera	2296 A	35,8 A	1797

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

En invierno e invierno-primavera, no se presenta una marcada diferencia entre las producciones totales de MS entre los períodos, quizás debido al nitrógeno agregado, que según Álvarez et al. (2013), la estacionalidad de la producción de un campo natural disminuye o aumenta en función del nitrógeno agregado según la oferta forrajera que se maneje y a medida que aumenta la incorporación de nitrógeno y se maneje a bajas y medias ofertas, la estacionalidad disminuye.

La superioridad de la tasa de crecimiento de la primavera (100% con respecto a la TC período invernal) se debe al aumento de temperatura (3°C superior al promedio histórico en el período de invierno) y a la ausencia de déficit hídricos que repercute directamente en la producción de materia seca, en concordancia con esto, Gomes de Freitas et al., citados por Olmos (1992), determinaron que la producción de forraje tenía una relación directa con la temperatura e inversa con el déficit hídrico.

Pese a esto, cabe destacar que se observa una magnificación en las tasas de crecimiento, ya que tiene implícito el efecto de los tratamientos, como se mencionó anteriormente el agregado de nitrógeno contribuye a esto, así como la introducción de leguminosas.

Cuadro 5. Efecto del período sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y forraje desaparecido en porcentaje (Des)

Trat.	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des. (%)
Invierno	2706 B	14,3 B	1240 B	10,1 B	48,3
Inv. – prim.	2473 B	14,5 B	1062 B	8,3 C	53,4
Primavera	3451 A	24,9 A	1658 A	12,8 A	48,4

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

Las variables MSD ($p=0,0002$), AltD ($p=0,0001$), MSR ($p=0,0012$), AltR ($p=0,0001$), tienen efecto significativamente diferente al período, en cambio el forraje desaparecido (%) no es significativamente diferente el efecto ($p=0,6935$).

El período primaveral presentó superioridad frente a los demás períodos (los cuales no se diferencian) para todas las variables, explicado por las condiciones mencionadas anteriormente. Los períodos de invierno e invierno-primavera tuvieron igual comportamiento excepto en la variable AltR, siendo inferior la del período intermedio, pudiendo deberse a una menor densidad en el forraje.

4.2.1.3. Producción de forraje en el período de invierno

Se presenta a continuación el análisis de las variables de producción primaria en el período invierno; analizando las producciones promedio de cada tratamiento, la producción total de MS de CNm es 98% superior a lo que produce el tratamiento CN, mientras que la respuesta de los tratamientos fertilizados, es errático, la adición de 120N no tuvo respuesta al mismo, en cambio el tratamiento 60N, obtuvo una producción 38% con respecto al testigo.

Cuadro 6. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdT MS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (MSDes) para el período invierno

Tratamiento	ProdT MS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSDes (kg.ha ⁻¹)
CN	792	13,0	1463
CNm	1571	26,5	1966
60 N	1097	17,9	1360
120 N	735	11,9	1076

El comportamiento de la tasa de crecimiento de cada tratamiento sigue el mismo comportamiento que la producción.

La temperatura superior al promedio, la ausencia de heladas y los excesos hídricos registrados durante el período pueden explicar la elevada respuesta en la TC y MSProd al agregado de N y la introducción de leguminosas, pero fueron los menores registros en comparación con los demás períodos, dado por bajas temperaturas y ambientes pobres en N, teniendo como consecuencia una reposición de estructuras removidas más lenta, lo que lleva a una menor tasa fotosintética (Álvarez et al., 2013)

Las tasa de crecimiento presenta valores elevados con respecto a lo observado por Zanoniani (2009), quien asegura que la producción de forraje de un campo natural, sin aplicación de N y ofertas de forraje que difícilmente en invierno superan 3,0%, la productividad acumulada invernal corresponde a 2,56 kg MS.día⁻¹.ha⁻¹, supliendo el 26% de los requerimientos de una unidad ganadera, igualmente apoyado por Boggiano et al. (2005), quienes definen que las características antes mencionadas determinan una escasa productividad invernal, en promedio 4,4 kg MS.día⁻¹.ha⁻¹.

La tasa de crecimiento del campo natural coincide con lo obtenido por Duhalde y Silveira (2018), referenciando un valor de 13,1 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹, en cambio frente a los resultados obtenidos por Pirez (2012) se encontró discordancia, donde en campo natural obtuvo 5,8 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹.

Por otra parte, Pirez (2012) con fertilizaciones 100 kg.ha⁻¹ de N obtuvo respuesta en la tasa de crecimiento de 11,2 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹, similares a los valores obtenidos en el tratamiento con fertilizaciones de 120 kg.ha⁻¹ de N. Sin embargo, fue inferior a la obtenida por Duhalde (2016), quien constata una TC de 14,6 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹. Zanoniani (2011), por su parte obtuvo para el mismo período TC promedio de 13 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹.

Considerando la TC del tratamiento CNm, el valor obtenido es coincidente con lo obtenido por Bemhaja (1998a, 1998b), quienes observaron que con la fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas la tasa de crecimiento invernal aumentaba.

Con respeto a la producción total de materia seca, la determinada en CN corresponde al 62% de la obtenida por Caram (2017), siendo esta 1266 kg.ha⁻¹.

En los tratamientos fertilizados, el 60N mostró una superioridad de 29% con respecto a lo obtenido por Zanoniani (2009), quien con agregados de 50

kg.ha⁻¹ de N en otoño y con asignaciones de forraje intermedias (8%), obtiene producciones invernales de 850 Kg MS.ha⁻¹.

En cambio, la respuesta en producción total de MS para el tratamiento nitrogenado con altas dosis (120N), se vio deprimida, obteniendo valores similares al testigo. Esto no concuerda con lo mencionado por Boggiano et al. (2004a), Zanoniani (2009), quienes estudiando la producción invernal de un campo natural, encontraron respuesta cuando altas dosis de N son aplicadas y se manejan bajas OF, ya que el N acelera el crecimiento de las plantas y por lo tanto remociones más frecuentes impedirán sombreado, y la temprana senescencia, acumulando más forraje verde. Sin embargo, Boggiano et al. (2005) manifiestan que fertilizaciones otoño-invernales con dosis superiores a 150 kg.ha⁻¹ de N, no llevan a aumentos en la producción total de forraje.

Cuadro 7. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR), forraje desaparecido (MSDes) y forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el período invierno

Trat.	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des. (%)
CN	2506	14,0	1259	10,4	49,8
CNm	2765	14,5	1230	10,2	60,8
60N	2262	14,8	1217	9,5	46,1
120N	2116	14,0	1251	10,5	38,7

A pesar de no haberse obtenido diferencias en la OF, la materia seca disponible al igual que la altura, no presentaron diferencias estadísticamente significativas, concordando con similar materia seca remanente (MSR) y altura de este, se puede afirmar que la disponibilidad no es una limitante para el consumo dado que la altura es óptima para entrar a pastorear. De igual forma se observa que el volumen de materia seca remanente no es limitante para la regeneración de la pastura. Se percibe que no hay diferencias significativas en la utilización del forraje, excepto que hay una marcada superioridad en el tratamiento CNm.

Se constató estadísticamente un mayor contenido de restos secos en el disponible (p- valor interacción tratamiento * período= 0,0768), siendo superior en el invierno frente a los demás períodos, y en campo natural frente a los demás tratamientos, por ende se aprecia igual desaparecido. Esto se explicaría a través de un mayor contenido de forraje diferido en pie desde otoño, en el que predominaron especies estivales que se encontraban en período de

senescencia y/o latencia durante el invierno. Dichas especies son las menos apetecidas por los animales ya que los mismos seleccionan material verde respecto al seco, como también una dieta con alto contenido de P, N y menor presencia de fibra (Millot et al., 1987).

Se puede esperar que cuanto mayor sea el aporte de N al sistema el contenido de material verde en el remanente sea superior. Estaría explicado porque el N acelera los procesos fisiológicos de la planta, a través de una mayor actividad fotosintética que permite una rápida recuperación de esta luego de ser pastoreada. En adición a lo mencionado, la altura y calidad del remanente contribuyen en una mayor tasa de crecimiento, obteniéndose los mayores valores en los tratamientos 60N y CNm, correspondiéndose con las menores alturas de remanente en valor absoluto de 9,5 y 10,2 cm respectivamente.

4.2.1.4. Producción de forraje en período invierno–primavera

Se describen a continuación los resultados en producción primaria registrados en invierno-primavera. Dicho período abarcó el fin de invierno e inicio de primavera, por lo que se consideró un período bisagra entre ambas estaciones donde se registraron temperaturas similares al promedio, las precipitaciones también fueron similares en comparación a las del promedio histórico, sin embargo, al final del período éstas fueron superiores.

Cuadro 8. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdT MS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (MSDes) el forraje desaparecido en porcentaje (Des.) para el período invierno- primavera

Tratamiento	ProdT MS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSDes (kg.ha ⁻¹)
CN	739 B	11,0 B	987 B
CNm	1218 AB	18,1 AB	1477 AB
60 N	1345 A	20,0 A	1483 AB
120 N	1630 A	24,3 A	1693 A

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

Se encontraron diferencias significativas al efecto tratamiento para las variables ProdTMS ($p=0,0185$), TC ($p= 0,0186$) y MSDes ($p= 0,0886$). El CN fue el que reportó menores registros para las variables mencionadas, en cambio el tratamiento nitrogenados 60N y 120N presentaron el mayor valor, los restantes tuvieron una respuesta intermedia.

A mayor grado de intervención, se percibe un aumento, tanto de la tasa de crecimiento como de la producción total de materia seca.

El aumento de las temperaturas medias diarias, combinado con la fertilización nitrogenada a fin de invierno, permitieron de forma simultánea incrementar la velocidad de aparición y elongación foliar, por ende, la tasa de crecimiento (Colabelli et al., 1998), esto generó a su vez una mayor MSProd.

Además, se debe tener en cuenta que en este período se dio el cambio fenológico de las especies invernales, pasando de estado vegetativo a reproductivo, aumentando así la producción de forraje.

Esto pudo estar explicado porque el N es el factor más influyente sobre la tasa de elongación foliar, particularmente en especies con alta respuesta a este nutriente como *Lolium multiflorum* (especie de alta participación en las parcelas fertilizadas con N), lo que determinó un mayor crecimiento aéreo de la pastura cuando la temperatura no fue limitante (Gastal y Lemaire, citados por Colabelli et al. 1998, Rodríguez, citado por Zanoniani et al. 2011).

También, en CNm, se obtuvieron aumentos apreciables en la MSProd y TC con respecto al CN a pesar de no ser estadísticamente diferentes, no fueron valores tan altos (1,6 veces superior) como los encontrados por De Brum (2004), quien obtuvo que el crecimiento de la pastura en un mejoramiento con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* fue 2,5 y 3 veces superior a la del campo natural respectivamente.

Cuadro 9. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el período invierno-primavera

Trat.	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des. (%)
CN	1812 B	12,2 B	1011	7,5	47,5 B
CNm	2138 AB	15,2 AB	971	7,3	58,4 A
60N	2219 AB	13,9 AB	1078	9,1	52,6 AB
120N	2461 A	16,7 A	1188	9,2	55,2 AB

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

Se encontraron diferencias significativas al efecto tratamiento para las variables MSD ($p= 0,0314$), AltD ($p= 0,0289$) y Des (%) ($p= 0,0877$); en cambio las otras variables no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Siendo el invierno el período antecesor, donde las tasas de crecimiento son bajas relativamente, se puede constatar que no hubo diferimiento del forraje, que se ve reflejado en el valor obtenido en materia seca disponible, siendo el de campo natural el menor en todos los períodos.

Los tratamientos con intervención se comportaron de igual forma y manteniendo la misma relación con respecto a la tasa de crecimiento y materia seca producida, pero diferenciándose del campo natural, donde la materia seca disponible es inferior, tanto en cantidad como en altura no siendo limitante estructural para el consumo, teniendo en cuenta que se concentra el 50% de la MSD por debajo de 2,5cm (Federico et al., 1993). Se evidencia el menor porcentaje de desaparecido en este tratamiento, a pesar de que no se diferencia estadísticamente de los tratamientos nitrogenados, dado por la baja calidad de la pastura (mayor presencia de gramíneas estivales que contribuyen a superioridad de restos secos), teniendo una menor facilidad de cosecha y selectividad de la dieta.

En los tratamientos con intervención se ve un mayor desaparecido por una mayor facilidad de cosecha (cambios en la estructura) y por el aumento en la calidad de la dieta, lo que repercute en una mayor tasa de pasaje; siendo para los tratamientos nitrogenados el aumento en la calidad por medio de una mayor contribución de gramíneas anuales y perennes invernales tiernas y finas, y en el tratamiento campo natural mejorado una mayor contribución de leguminosas, siendo estas predominantes en este período.

4.2.1.5. Producción de forraje en período primavera

A continuación, se presentan los resultados de las variables de producción primaria para el período primavera.

Cuadro 10. Efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de MS (ProdT MS), la tasa de crecimiento (TC) y forraje desaparecido (MSDes) para el período primavera

Tratamiento	ProdT MS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSDes (kg.ha ⁻¹)
CN	1954 A	30,6 A	1593
CNm	2562 A	39,9 A	2049
60 N	2553 A	39,9 A	1947
120 N	2114 A	33,0 A	1593

Al igual que para la ProdTMS ($p=0,0472$), la TC ($p= 0,0816$) tiene diferencias significativas al efecto tratamiento para dicho período, a pesar de que las medias no son detectadas como diferentes por Tukey. Adicionado a esto, se comprueba a través de la significancia del contraste ortogonal 1 que, para dichas variables el Cn presenta los menores registros.

Conforme aumenta la intervención del campo natural, aumenta la producción de MS, excepto el tratamiento con fertilización de 120 kg.ha^{-1} de N (en términos absolutos). Dicha superioridad está en torno a 8%. Lo observado no concuerda con Álvarez et al. (2013), quienes observaron una respuesta lineal en la producción de forraje al agregado de N hasta 263 kg.ha^{-1} en primavera, ya que con fertilizaciones de 120 kg.ha^{-1} de N la producción de MS se ve disminuida.

Las producciones de materia seca obtenidas en campo natural son ampliamente superiores a las obtenidas en cualquier región del país e incluso 38% con respecto a las obtenidas por Caram et al. (2017), siendo ésta $1406 \text{ kg MS.ha}^{-1}$. Las producciones de materia seca y tasas de crecimiento de todos los tratamientos en dicho período respecto a los anteriores, se explicaría por el incremento de la temperatura y mayor radiación, que como se mencionó anteriormente, aceleró la velocidad de aparición y elongación foliar. Con mayores niveles de N la tasa de macollaje se ve promovida, lográndose una mayor concreción de las yemas formadas en el proceso de aparición foliar.

La tasa de crecimiento presenta el mismo comportamiento, separándose campo natural mejorado y fertilizado con 60N del testigo en $9,3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$. En relación al tratamiento campo natural se observó tasas de crecimiento notoriamente superiores a las encontradas por Berretta et al. (1998b) quienes reportaron tasas de $19 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de MS; en cambio los valores obtenidos por los mismos autores con 92 kg.ha^{-1} de N fueron de $35 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de MS, tasas de crecimiento que se asemejan a los tratamientos nitrogenados del experimento.

Los valores de tasa de crecimiento obtenidos para los tratamientos nitrogenados en relación al campo natural se encuentran en un rango entre 8% y 23% superior al testigo. Lo que se contradice con Rodríguez Palma et al. (2009) quienes hallaron tasas de crecimiento 46% mayores a las del campo natural fertilizado con 100 kg.ha^{-1} de N.

En CNm los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Garín et al. (1993), González y Rodríguez (2006), quienes obtuvieron tasas de crecimiento entre $29,5 \pm 3,5$ y $30 \pm 13 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de MS respectivamente.

Cuadro 11. Efecto de los distintos tratamientos sobre el forraje disponible (MSD), altura del disponible (AltD), forraje remanente (MSR), altura del remanente (AltR) y forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el período primavera

Trat.	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des (%)
CN	2630	20,5	1501	13,0	43,7
CNm	3013	24,1	1570	12,8	52,6
60N	3100	28,3	1758	12,6	50,3
120N	2901	26,8	1803	12,8	47,0

Se puede observar como en la primavera los disponibles no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Estos resultados, según Ayala y Carámbula (1994a), se explicarían a través de la fertilización nitrogenada otoñal, que permite el incremento del macollaje de las especies invernales, y la fertilización a fin de invierno, que estimula el rebrote temprano de las especies estivales y continúa favoreciendo el crecimiento de las invernales, generando así mayores rendimientos en primavera.

En relación con las alturas de entrada y de salida, las cuales están por encima de 20 cm, lo que se contradice con Gonçalves et al., citados por Nabinger y Carvalho (2009) quienes en campo natural indican que la altura del estrato inferior que optimiza el tamaño del bocado y por ende la ingestión diaria es alrededor de 12 cm para bovinos, pudiendo ser estas supra óptimas, lo que compromete el comportamiento ingestivo.

La altura del remanente de todos los tratamientos, tras una posible selección por parte del animal, es elevada, pudiendo deprimir el posterior rebrote de la pastura, llevando más tiempo la regeneración de esta por una eficiencia fotosintética menor explicada por estructuras secas y posiblemente presencias de cardos ($p= 0,0012$)

Las utilidades encontradas fueron estadísticamente no significativas, si distinguimos extremos: CNm y CN: 52% y 43% respectivamente, lo que concuerda con Saldanha (2005), quien menciona que la utilización de las pasturas naturales, independientemente de la disponibilidad de forraje, nunca supera el 50%, registrándose la máxima en primavera, debido a las condiciones favorables para el crecimiento, aunque estas se mantienen invariables durante todo el experimento.

El porcentaje de materia seca desaparecida es superior en términos absolutos para los tratamientos de campo natural mejorado y fertilizado con 60N. El primero, se puede explicar dada la mayor selección por parte de los animales ya que la introducción de leguminosas sin perturbar el tapiz natural induce a cambios en la frecuencia de especies, incrementando las de mejor valor nutritivo, aumentando la proporción de especies invernales y de finas y tiernas, como *Stipa setigera*, *Lolium multiflorum*, *Adesmia sp.*, *Bromus auleticus*, *Poa lanigera* y *Piptochaetium stipoides* (Risso et al., 2002).

Los valores obtenidos de materia seca desaparecida (%) en los tratamientos nitrogenados son superiores al testigo, siendo similar al campo natural mejorado (en términos absolutos).

4.2.2. Respuesta animal

A continuación, se presentarán los resultados sobre la producción secundaria en los distintos parámetros evaluados en el experimento 1.

Cuadro 12. Resumen de la significancia estadística del efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento*período; y los tres contrastes sobre la oferta de forraje (OF), ganancia media diaria (GMD) y forraje desaparecido en porcentaje (% Des)

Variable	Efecto Trat.	Efecto período	Efecto interacción Trat.*período	Contrastes		
				1	2	3
OF (%)	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s
GMD (kg.an ⁻¹ .día ⁻¹)	n/s	*	*	*	*	n/s

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

En cuanto a los contrastes ortogonales, como se observa en el Cuadro 1, hay variación en cuanto a los resultados del análisis en dichas variables. Comenzando por el contraste 1, el cual compara el CN frente al promedio de los otros tres tratamientos, se pueden comprobar diferencias significativas en algunas de las variables estudiadas, tales como: GMD, a favor de los tratamientos que presenta algún tipo de intervención del campo natural.

El contraste 2, el cual compara la intervención del campo natural mediante el agregado de leguminosas frente al promedio de los tratamientos que presentan agregado de nitrógeno anual (a su vez ambos grupos presentan agregado de fósforo), siendo superior los tratamientos nitrogenados.

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

Se encontraron efectos en la interacción tratamiento* período para la GMD (p<0,001), siendo superiores las ganancias obtenidas en el período de invierno- primavera y primavera para los tratamientos de 60N, mientras que la inferioridad fue del campo natural en el invierno, detectándose pérdidas de peso.

4.2.2.1. Respuesta animal en el total del período

En el Cuadro 13 se reportan las variables estudiadas con respecto a la respuesta animal promedio en el total del período de evaluación. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la variable GMD (p=0,1395) al igual que para la OF (p=0,3247). Las variables restantes (CI, CM, G.ha⁻¹) no fueron analizadas estadísticamente.

Cuadro 13. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM) ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G.ha⁻¹) en el total del período

Trat.	OF (%)	CI* (kg.ha ⁻¹)	CM* (kg.ha ⁻¹)	CM* (UG.ha ⁻¹)	ND (an. ha ⁻¹ .día ⁻¹)	GMD (kg.an ⁻¹ .día ⁻¹)	G.ha ⁻¹ * (kg.ha ⁻¹)
CN	6,2	2086	521	1,4	2,1	0,120 C	47
CNm	5,0	2964	741	2,0	2,5	0,410 BC	207
60N	5,5	2891	728	1,9	2,3	0,750 A	354
120N	5,5	2857	714	1,9	2,3	0,650 AB	274

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes (p < 0,10)

* sin análisis estadístico por falta de repeticiones

Comparando en términos absolutos, se obtuvo que la CI y la CM son superiores en los tratamientos con intervención. La inferioridad en carga instantánea del campo natural frente al máximo obtenido es de 30%, teniendo el mismo comportamiento en la variable carga media. En relación al CNm presenta cargas medias superiores al CN, del orden 741 kg.ha⁻¹ vs. 521 kg.ha⁻¹, coincidentemente con De Brum (2004), quien observó el aumento de carga que permitió el mejoramiento (CNm 464 kg.ha⁻¹ vs. CN 266 kg.ha⁻¹), pero diferenciándose numéricamente. Cabe destacar que el método de pastoreo rotativo utilizado en el presente experimento permitió alcanzar cargas superiores en el campo natural, si se compara con Formoso y Gaggero (1990),

quienes trabajaron con novillos y capones en el Cristalino sobre campo natural, mantuvieron una carga constante de $0,8 \text{ UG.ha}^{-1}$.

Los tratamientos nitrogenados, 60 N y 120 N no presentaron diferencias destacables en dichas variables, con leve inferioridad del tratamiento con incorporación de leguminosas. Esto coincidió con Rodríguez Palma y Rodríguez (2010) que observaron un incremento significativo de la carga a través de la fertilización con 100 kg.ha^{-1} de N. Azanza et al. (2004) también mencionan que el principal efecto de la fertilización nitrogenada es sobre la producción de MS, siendo esta mayor lo que permite un incremento de la carga animal, y por lo tanto, un mayor consumo de forraje por unidad de superficie.

En relación a la oferta de forraje (OF), se pudo considerar que la oferta de forraje fue similar en todos los tratamientos en todo el período. Cabe destacar que se manejaron OF subóptimas (inferiores aún a lo planteado teóricamente en el experimento), y si se comparan con las mencionadas por Fonseca do Amaral et al. (2008), quienes observaron que el mejor desempeño animal se obtuvo con OF de 8% en primavera y 12% en el resto del año (considerar que estos campos son estivales).

En relación a la ganancia media diaria (GMD), se observa una superioridad de los tratamientos nitrogenados frente al resto, siendo el tratamiento 60N, 15% superior al tratamiento 120N y 6 veces superior al testigo ($0,750$ vs. $0,120 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$). Confirmando lo anteriormente dicho, a partir del análisis de contraste ortogonal 1, se determina que el tratamiento CN es el que presenta menor ganancia diaria con respecto a los demás, habiendo diferencias entre los tratamientos con intervención, siendo superior los tratamientos nitrogenados, reflejado esto por la composición botánica del material cosechado, viéndose mayor contribución de GAI (TF) ($p= 0,0001$). Dicha respuesta en ganancia media diaria coincide la tendencia con lo obtenido por Casalás et al. (2017), siendo éstas inferiores a las obtenidas por dichos autores para esta variable en cada tratamiento, disminuyendo la diferencia a medida que aumenta la GMD por tratamiento (CN 0,55; CNm 0,66; 60N 0,81; 120N 0,71). Cabe destacar que las GMD del CN se vieron influenciadas por la contribución de GPE (TF) ($p=0,0024$) y afectadas por la presencia significativa de restos secos ($p= 0,0006$), hierbas enanas ($p=0,0103$), así como por MCS ($p= 0,0867$) que reducen el área de pastoreo.

Lo mencionando, concuerda con lo obtenido por Hodgson et al. (1971), quienes afirman que las máximas ganancias de peso se obtienen con altos niveles de forraje remanente. En su trabajo la ganancia de peso crece a medida que el remanente aumentaba hasta aproximadamente $2000\text{-}2500 \text{ kg.ha}^{-1}$ de MS, mayores remanentes no mostraron incrementos en la ganancia.

Con referencia GMD del CNm, se obtuvieron valores en torno a 3,5 veces más que CN ($0,120 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$), no correspondiendo a lo esperado por Scholl et al., citados por Correa y Alvim Silva (1994), quienes afirman que se pueden obtener ganancias de pesos hasta 5 veces mayores que en campo natural, debido al aumento en producción de forraje con la introducción de leguminosas ($p= 0,0001$), así como con un comportamiento intermedio en la contribución de GAI (TF) ($p=0,0001$).

La posible causa de la menor GMD de CN, puede estar dada por una menor calidad del forraje ofrecido (mayor contenido de fibra y menor proteína), ya que se percibe como en los tratamientos intervenidos una mejora en la calidad de la pastura consumida, ya que la MSD no fue diferente entre tratamientos y si se encontraron diferencias en % de material desaparecido.

Se puede considerar como una de las causas de las ganancias medias diarias, a la altura de entrada, las cuales superan 20 cm, lo que no concuerda con Garín et al. (1993), quienes encontraron que la altura de forraje disponible determina el 33% de la variación en la ganancia de peso y las máximas ganancias se registran con 13 cm de altura del disponible y a partir de esta disminuye debido a una disminución en la calidad de la pastura.

Al analizar la $G.\text{ha}^{-1}$ se registró un mejor comportamiento a medida que aumentó la intervención del campo natural, excepto el 120N. Los comportamientos nitrogenados se comportaron diferentes entre sí, obteniendo en 60 N $G.\text{ha}^{-1}$ notoriamente superiores al CN, correspondiendo a 7,5 veces superior. A diferencia, el tratamiento 120 N mostró una superioridad de 5,8 veces más $G.\text{ha}^{-1}$ que CN. Coincidentemente Risso et al. (1998), mencionan que la fertilización con N y P permite tener una producción de peso vivo animal por unidad de superficie hasta tres veces mayor que la producción del campo sin fertilización, ya que se obtiene una mayor producción de forraje con el consecuente incremento de la carga animal, y, por lo tanto, un mayor consumo de forraje por unidad de superficie.

El CN mostró una menor $G.\text{ha}^{-1}$ debido a una sobrecarga que repercute en una menor GMD, y sobrecarga en el sistema que no permite el equilibrio entre ambas (Mott, 1960).

En cambio, CNm y los fertilizados, a iguales cargas, hicieron que aumente la $G.\text{ha}^{-1}$, la diferencia encontrada en el tratamiento 60N, puede estar explicada por una mayor ganancia media diaria, que repercute de forma positiva en la $G.\text{ha}^{-1}$. Los registros obtenidos en los tratamientos fertilizados en el presente experimento fueron muy elevados si se los compara con los encontrados por Larratea y Soutto (2013), quienes en el mismo período

obtuvieron $G.ha^{-1}$ de $63 kg.ha^{-1}$ con $60 kg.ha^{-1}$ de N y $42 kg.ha^{-1}$ con $114 kg.ha^{-1}$ de N.

A través de la $G.ha^{-1}$ y la ProdT MS (Cuadro 1) se calculó la eficiencia en producción, que reflejó cuantos kg de forraje fueron necesarios producir para generar 1 kg de peso vivo. Los resultados obtenidos fueron 74; 25,8; 14,1 y 16,3 (19,9; 15,7; 10,8 y 11,3, Duhalde y Silveira, 2018) para CN, CNm, 60 N y 120 N respectivamente. Dichos valores demostraron que el tratamiento con mayor eficiencia de producción fue el 60N, indicando de esta forma que fertilizaciones con dosis medias de N en invierno- primavera fueron las que generaron las mejores conversiones de forraje producido a peso animal.

4.2.2.2. Respuesta animal en cada período

Para poder visualizar cómo fueron las ganancias diarias individuales de los animales según la asignación de forraje en cada uno de los tratamientos, se presenta la Figura 7 que muestra cómo fue la GMD de cada uno de los períodos evaluados en función de la OF.

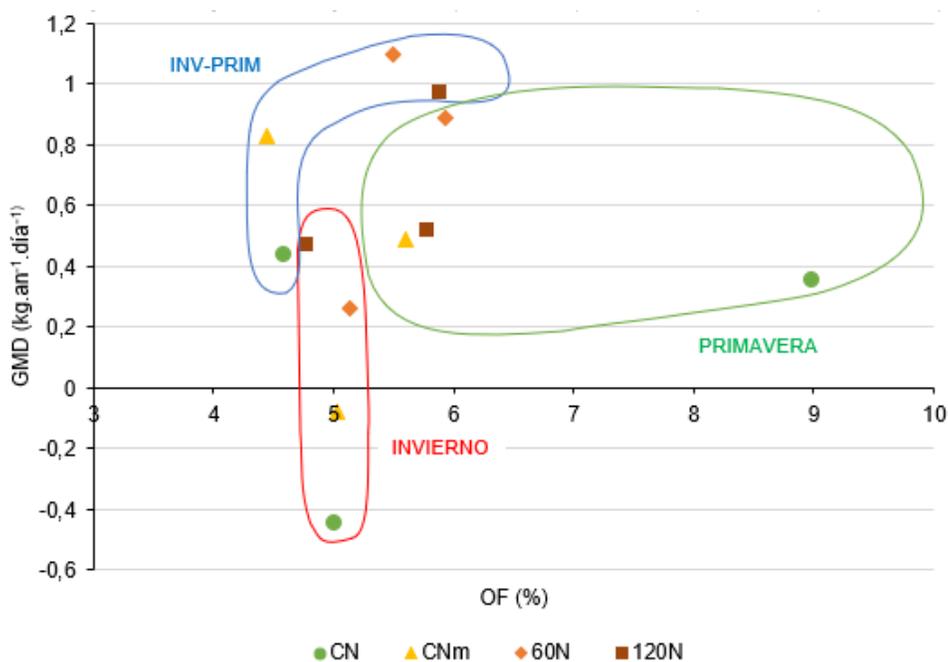


Figura 7. Ganancia media diaria animal ($kg.animal^{-1}.día^{-1}$) en función de la oferta de forraje (% PV) según tratamiento en todos los períodos evaluados

A través de la Figura 7, se observa que la GMD no presentó un patrón lineal en función a la OF, sino que varió en las distintas estaciones con los diferentes tratamientos, habiendo efectos a la interacción tratamiento* período ($p < 0,0001$), siendo otros los factores que condicionan dicha ganancia diaria por animal. Esto no concuerda con Soares et al. (2005) quienes afirman que la ganancia media diaria estacional no tiene interacción con la OF.

Se encuentran diferencias significativas para la GMD, en relación al período evaluado ($p < 0,0001$), registrando valores negativos para el invierno para CN y CNm, en cambio para el invierno- primavera y primavera se registraron ganancias, así como también hay efecto significativo ($p=0,0494$) al período para la variable OF, siendo superior en la primavera.

Con relación al CN, se percibe un aumento en GMD pasando del invierno al invierno- primavera, en primavera al aumentar la oferta se permite el rebrote de las gramíneas perennes estivales, gramíneas anuales invernales y gramíneas perennes invernales. El CNm, se perciben GMD en el pasaje del primer período por la producción de las leguminosas sembradas así como por el rebrote de *Lolium multiflorum*. Con relación a los tratamientos fertilizados, siempre se obtienen GMD, cambiando el ranking en el pasaje al invierno-primavera, el 60N supera al 120N dado por la composición botánica constituida por mayor *Lolium multiflorum* que contribuye a aumentar la MSD. Ambos nitrogenados bajan su producción en primavera dado que por la fertilización se encaña antes el *Lolium multiflorum*, disminuyendo la calidad, y por mayor contribución de cardos.

Cuadro 14. Efecto del período para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea ($G \cdot ha^{-1}$)

Período	OF (%)	CI* ($kg \cdot ha^{-1}$)	CM* ($kg \cdot ha^{-1}$)	ND ($an. ha^{-1} \cdot día^{-1}$)	GMD ($kg \cdot an^{-1} \cdot día^{-1}$)	$G \cdot ha^{-1}$ ($kg \cdot ha^{-1}$)
Invierno	5,0 B	2194	549	2,0	0,052	12
Inv. - prim.	5,1 B	2261	569	1,9	0,830	105,7
Primavera	6,6 A	3643	911	3,0	0,570	111,7

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

* sin análisis estadístico por falta de repeticiones.

En invierno, dada una similar OF en todos los tratamientos, estadísticamente ($p=0,0494$) se diferencia que es el período donde se registraron ganancias permitiendo el mantenimiento animal, viéndose pérdidas

en CN y CNm, encontrándose las GMD de los tratamientos nitrogenados entre 0,200 y 0,500 kg.ha⁻¹.día⁻¹.

Esto refleja que el bajo desempeño animal no se debe a una limitante en la disponibilidad de forraje, sino que pudo deberse a la calidad del mismo, como consecuencia de alturas de entrada por encima de las óptimas y con OF que evidencian sobrecarga en el sistema, en detrimento de las ganancias individuales y consecuente disminución en G.ha⁻¹.

Por su parte, en invierno-primavera la OF promedio no tiene diferencias significativas con la manejada en invierno; se diferencia ya que las OF de los tratamientos de dicho período presentan mayor variabilidad. Pese a lo mencionado en primera instancia, las GMD son superiores en 0,780 kg.ha⁻¹.día⁻¹, teniendo mayor repercusión en la G.ha⁻¹ en comparación a los demás períodos. La explicación está en el aporte de cantidad de MS producida (en términos absolutos), dado por la mayor producción de especies C₃ y la calidad que tienen los tratamientos nitrogenados. Dicha calidad se evidencia en la composición botánica de invierno-primavera, debido al aumento de la contribución de GIA (*Lolium multiflorum*), que en comparación con la calidad aportada por las leguminosas en el tratamiento CNm es menor.

En primavera, pese a que se manejaron OF más elevadas que los demás períodos, esto no se ve reflejado en las GMD, esto puede estar explicado por el encañado de las especies presentes y en particular de GIA; sumado a esto una alta carga promedio, que va en detrimento de las G.ha⁻¹,

4.2.2.3. Respuesta animal en el período de invierno

Se presentan a continuación los resultados de producción secundaria, con sus respectivas variables, en el período invierno.

Se puede observar la menor variabilidad en OF entre los tratamientos para este período y en relación a los demás períodos, considerando que la MS disponible no varió entre tratamientos, si lo hizo la carga promedio, obteniéndose valores superiores en CNm, encontrándose diferencias estadísticas en las ganancias medias diarias (p= 0,0001) que repercutieron en diferente magnitud en las G.ha⁻¹. A través de la significancia de los contrastes ortogonales 1 (p< 0,0001) y 2 (p= 0,0022), se aprecia superioridad de los tratamientos intervenidos sobre CN y destacándose los fertilizados por sobre el mejorado.

Cuadro 15. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G. ha⁻¹) en invierno

Trat.	OF (%)	CI* (kg.ha ⁻¹)	CM* (kg.ha ⁻¹)	ND (an. ha ⁻¹ .día ⁻¹)	GMD (kg.an ⁻¹ .día ⁻¹)	G. ha ⁻¹ (kg.ha ⁻¹)
CN	5,0	2250	563	2,1	-0,440 C	-60,4
CNm	5,0	2551	638	2,2	-0,08 BC	-12,0
60N	5,1	1990	498	1,8	0,260 AB	30
120N	4,8	1986	496	1,8	0,470 A	54

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

* sin análisis estadístico por falta de repeticiones.

El factor climático en este período puede haber sido de gran influencia en cuanto a la performance individual ya que temperaturas en el rango de 10-12° C, así como por las incidencias de las precipitaciones generen un gasto metabólico mayor, para el mantenimiento de la temperatura corporal se necesitará aumentar la tasa metabólica y por ende se incrementan los requerimientos nutricionales (Bavera y Beguet, 2003), que a pesar de la alta MSD, la baja calidad de la pastura ofrecida no permitió que éstos fueran cubiertos para los tratamientos CN y CNm.

Debido a que estructuralmente el animal no está limitado a cosechar forraje, dado por la altura del forraje disponible (en torno a 14cm), la explicación a las variaciones en las GMD se explicaría por la calidad de forraje cosechado, siendo que con mayor nivel de intervención se ofrece una dieta de mayor calidad, pudiendo operar en mayor medida la selectividad, en cambio en el testigo, la presencia del material senescente es mayor debido al diferimiento de forraje en pie del otoño ($p=0,0185$), con más lignina.

En relación a las GMD, se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, viéndose más perjudicado CN y CNm (-0,440 kg.ha⁻¹.día⁻¹ y -0,08kg.ha⁻¹.día⁻¹) respectivamente, considerando iguales OF y similares MS disponible, explicado por las bajas OF, limitando el consumo, por ende disminuyendo la selectividad y consecuentemente las pérdidas de peso. Coincidiendo con Ayala y Carámbula (1996), quienes encontraron que las pérdidas de peso invernal en campo natural fueron de -0,318 kg.ha⁻¹.día⁻¹, mientras que en el campo natural mejorado registraron ganancias de hasta 0,123 kg.ha⁻¹.día⁻¹, lo cual fue difirió a lo reportado en este experimento.

Cabe destacar que las GMD para el tratamiento CNm, a pesar de tener una mayor contribución de leguminosas ($p=0,0001$), estuvieron afectadas por la OF, no concordando con Risso (2002), quien en mejoramientos con *Trifolium*

repens y *Lotus corniculatus* las mayores ganancias de PV en invierno se obtienen con manejos de pastoreo rotativo y carga baja de 1,6 UG.ha⁻¹, resultando en ganancias de 0,254 kg.ha⁻¹.día⁻¹.

En referencia a los nitrogenados se obtuvieron GMD de 0,260 kg.ha⁻¹.día⁻¹ para 60N y 0,470 kg.ha⁻¹.día⁻¹ para 120N, pudiéndose atribuir esto a la diferencia en la calidad de la pastura, ya que dicho tratamiento presentó mayor porcentaje de *Lolium multiflorum* (GIA) (p=0,0332). Esto coincidió con Pallares y Pizzio (1994a), quienes afirman que el agregado de N disminuye las pérdidas de peso invernales.

Lo mencionado no coincide con Duhalde y Silveira (2018), quienes encontraron pérdidas de peso para todos los tratamientos del período a pesar de manejar similares disponibles de forraje (2830 kgMS.ha⁻¹) y OF superiores (en torno 7-11%): -0,23; -0,27; -0,16; -0,07 para CN, CNm, 60N y 120N respectivamente, siendo mayor la pérdida en CNm; atribuyendo dichas pérdidas al efecto directo de la temperatura y al indirecto de las elevadas precipitaciones del periodo.

Se observa que en los tratamientos nitrogenados no se logra aumentar la carga, siendo estos valores inferiores a los obtenidos por Peirano y Rodríguez (2004), quienes con fertilizaciones de 50 kg.ha⁻¹ de N, lograron aumentar la carga animal en casi 90%, sin afectar la ganancia media diaria por animal ni la producción individual, situación que no se observa en este experimento ya que la alta carga opera en detrimento de la ganancia por superficie.

La G.ha⁻¹ tomó el mismo comportamiento que la GMD, obteniéndose las mayores pérdidas en el testigo, seguido por el CNm, los tratamientos nitrogenados registraron ganancias, siendo el tratamiento de 120 N superior al 60N (54 kg.ha⁻¹ vs. 30 kg.ha⁻¹), diferenciándose de Pirez (2012) que fertilizando con 100 kg.ha⁻¹ de N obtuvo G.ha⁻¹ de tan sólo 4,9 kg.ha⁻¹ en el mismo período.

4.2.2.4. Respuesta animal en el período de invierno–primavera

A continuación, se presenta el análisis de la producción secundaria del período invierno-primavera.

Cuadro 16. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G. ha⁻¹) en invierno-primavera

Trat.	OF (%)	CI* (kg.ha ⁻¹)	CM* (kg.ha ⁻¹)	ND (an. ha ⁻¹ .día ⁻¹)	GMD (kg.an ⁻¹ .día ⁻¹)	G. ha ⁻¹ * (kg.ha ⁻¹)
CN	4,6 B	2098	524,4	2,0	0,440 B	61
CNm	4,5 B	2524	631,1	2,2	0,830 A	123
60N	5,5 A	2154	554,7	1,7	1,100 A	127
120N	5,9 A	2270	567,4	1,7	0,970 A	112

* sin análisis estadístico por falta de repeticiones.

Se observa cómo en dicho período la oferta de forraje varía según el tratamiento, mostrando diferencias significativas ($p=0,0049$), percibiendo OF mayores en los tratamientos nitrogenados con mayor respuesta en GMD, en cambio con OF menores, el CNM mostró igual respuesta.

En relación a las GMD, el testigo fue el que presentó menor GMD ($p=0,0169$), lo que también es confirmado por el contraste ortogonal 1 ($p=0,0025$) aproximadamente 2 veces menos que la reportada por los tratamientos nitrogenados, acentuada esta inferioridad por la mayor contribución de restos secos ($p=0,0019$), sin embargo las mismas estuvieron beneficiadas por la contribución de GPE (TF) ($p=0,0102$); en cambio en los tratamientos fertilizados, la fertilización contribuye al aumento en la calidad de la pastura y comparando diferentes dosis, un aumento en la misma no tiene respuesta diferencial tanto en GMD como en G.ha⁻¹, manejando igual nivel de OF. Se observa que los tratamientos intervenidos, son los que toleraron las mayores cargas, resultado de una mayor producción de MS, lo que concuerda con Boggiano et al. (2000c) quienes mencionan que a iguales OF el agregado de N permite aumentar la carga.

El tratamiento de CNm, presenta GMD por debajo de lo obtenido en los nitrogenados y 2 veces superior al testigo, esto se debe a la contribución de las leguminosas ($p=0,0001$) y la contribución de GAI ($p=0,0112$), que mejoran la calidad de la pastura ofrecida, y como consecuencia de la menor OF en comparación a los tratamientos nitrogenados, lo que se expresa en una presión de pastoreo alta, implica una disminución en la ganancia media individual y consecuente G.ha⁻¹.

Los tratamientos intervenidos presentan una mayor G.ha⁻¹, el tratamiento 120N tiene un comportamiento intermedio y el testigo reporta G.ha⁻¹ en torno al 30% de los nitrogenados. Hay diferencias en G.ha⁻¹ de los

tratamientos nitrogenados, lo que coincide con Larratea y Soutto (2013), quienes encontraron ganancias mayores en invierno y primavera con el agregado de 60 kg.ha⁻¹ de N.

4.2.2.5. Respuesta animal en el período de primavera

Seguidamente se presentan los resultados de producción animal en el período primavera.

Las OF presentadas en el período son similares para todos los tratamientos, excepto para el tratamiento CN, en el cual se manejó OF 1,6 veces superior que el promedio de OF de los restantes tratamientos.

Cuadro 17. Efecto del tratamiento para las variables animales, oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G.ha⁻¹) en primavera

Trat.	OF (%)	CI* (kg.ha ⁻¹)	CM* (kg.ha ⁻¹)	ND (an. ha ⁻¹ .día ⁻¹)	GMD (kg.an ⁻¹ .día ⁻¹)	G.ha ⁻¹ * (kg.ha ⁻¹)
CN	9	1910	477,4	2,1	0,360	47
CNm	5,6	3818	954,4	3,2	0,490	96
60N	5,9	4529	1132,2	3,6	0,890	197
120N	5,8	4317	1079,3	3,3	0,520	108

* sin análisis estadístico por falta de repeticiones.

Las CI y CM fueron menores en el tratamiento CN en referencia a los tratamientos intervenidos, en respuesta a una menor producción de forraje y una mayor OF, siendo los nitrogenados los que reportan mayor carga y el CNm logra una aceptación intermedia, siendo similar la OF entre estos últimos a pesar de no mostrar diferencias significativas.

El máximo incremento en la carga alcanzado fue 237% en el tratamiento 60 N, y con similar comportamiento, la carga media para el tratamiento fertilizado con 120N, muestra una superioridad frente al CN de 226%, lo cual no coincide con Azanza et al. (2004), quienes reportaron que este aumento es de 126% con 100 kg.ha⁻¹ de N.

En referencia a las ganancias medias diarias, no se encuentran diferencias de medias según Tukey, pero se obtienen los superiores valores con el tratamiento fertilizado 60N apoyado esto por el contraste ortogonal 3 (p= 0,0771), mostrando superioridad de este tratamiento por el 120N. La superioridad encontrada en los intervenidos está dada por la calidad del

material cosechado, GAI(TF) ($p=0,0044$). En cambio en el tratamiento CN se obtienen los menores valores: $0,360 \text{ kg.an}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, inferiores a la obtenida por Pigurina et al. (1998) quienes obtuvieron GMD de $0,797 \text{ kg.an}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ trabajando con cargas de $0,8 \text{ UG.ha}^{-1}$ y relación L/V 2:1.

De acuerdo con lo mencionado, esto puede deberse a un óptimo manejo de la OF en el tratamiento de CN, lo que se corresponde con lo mencionado por Fonseca do Amaral et al. (2008), quienes observaron que el mejor desempeño animal se obtiene con OF de 8% en primavera.

Las GMD en CNm no concuerdan a las obtenidas por Ayala y Carámbula (1996), Risso et al. (2002), quienes encontraron ganancias de 1,176 y $1,396 \text{ kg.an}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ respectivamente. Garín et al. (1993), con OF similares (OF= 5%), reportaron ganancias de $0,810 \text{ kg.an}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ que son 65% superior a las obtenidas en el tratamiento para este período. Dicho resultado se explicaría, considerando que a pesar de tener una producción de forraje superior al campo natural, la alta intensidad de pastoreo operante (baja OF) primó, no compensando la calidad (mayor contribución de leguminosas, $p=0,0025$) de las pasturas ofrecidas, por tanto se puede percibir como la carga en el sistema condiciona la GMD, ya que dicho manejo de pastoreo intensivo no permiten la expresión de la cantidad y calidad de la pastura ofrecida en primavera.

Las GMD registradas en los tratamientos fertilizados con N fueron diferentes entre sí, siendo 71 % superior el tratamiento 60N con respecto al 120N, y superando a la GMD obtenida en CN en 2,5 veces superior, no coincidiendo con Azanza et al. (2004), quienes encontraron que no existen diferencias significativas para esta variable entre fertilizar con 100 kg.ha^{-1} de N y sin el agregado del mismo. Dichos tratamientos, a pesar de tener igual producciones de forraje, poseen superioridad en contribución de especies anuales tiernas/finas como raigrás (*Lolium multiflorum*) ($p=0,044$), un mayor desarrollo de raigrás, encontrándose encañado y florecido dado por el mayor aporte de nitrógeno, que lo podemos ver en la menor relación verde/seco: 65/35 ($p \text{ verde}= 0,0291/ p \text{ seco}=0,0304$). Para todos los tratameintos intervenidos se constata estadísticamente la contribución de cardos ($p=0,0042$), condicionando la accesibilidad y por tanto un consumo diferencial, pudiendo ser este menor en cantidad y calidad.

En términos absolutos los tratamientos intervenidos fueron los que presentaron mayores ganancias por hectárea; en contradicción a Azanza et al. (2004), quienes obtuvieron ganancias/ha promedio de 325 kg.ha^{-1} en tratamientos fertilizados con 100 kg.ha^{-1} de N, lo que representan ganancias por ha. 3 veces superior a las del tratamiento 120N.

El comportamiento de los tratamientos nitrogenados se diferencia del expresado por Larratea y Soutto (2013), quienes en tratamientos con agregado de 114N obtuvieron una mayor ganancia animal individual ($1,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$), logrando una menor producción de $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de PV ($52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Comparando los tratamientos con diferentes dosis, se aprecia que la $\text{G}\cdot\text{ha}^{-1}$ es 2 veces más en 60N vs. 120N, lo que concuerda con Larratea y Soutto (2013), quienes encontraron ganancias mayores en primavera con el agregado de $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N vs. 114N ($52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ vs. $49 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

4.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO 2

Se analiza el efecto de la historia de fertilización, de la dosis de N aplicada y de los tratamientos sobre las variables de producción primaria y de la producción secundaria fraccionándolas por período. Para esto se tuvo en cuenta los tratamientos fertilizados con N del experimento 1 para así contrastarlos con los del experimento 2.

4.3.1. Producción de forraje

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de la significancia estadística de las variables analizadas. Como se observa, no se encontraron diferencias significativas para al efecto del tratamiento con diferentes dosis (60N y 120N) como al efecto de la interacción dosis*período para las variables de producción de forraje, el efecto que se logra con la aplicación de 60 o 120 unidades de nitrógeno al año no genera grandes diferencias entre estos. Esto se ve reflejado en el contraste ortogonal 1, el cual compara las medias de los tratamientos 60N+60H y 120N+120H, y no hay diferencias entre los mismos.

Sin embargo, cuando se observa el efecto de la historia de fertilización, este tratamiento comienza a tener significancia para las variables de producción, lo que es apoyado por el contraste ortogonal 2; el cual contrasta las medias de los tratamientos con historia de fertilización (60H+120H) vs. los tratamientos con menor historia (60N+120N). Estadísticamente no se observan diferencias significativas en la interacción entre los tratamientos dosis*historia de fertilización para las variables de producción de MS.

Por otro lado, todas las variables relacionadas a la producción primaria (con excepción de TC y % Des), fueron significativamente diferentes al efecto del período.

Cuadro 18. Resumen de la significancia estadística del efecto del tratamiento, período, interacción tratamiento*período y de la historia de fertilización sobre la producción de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje disponible (Disp), altura promedio del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente (MSR), altura promedio del forraje remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (MSDes) y el forraje desaparecido promedio en porcentaje (Des) para el total del período de evaluación del experimento 2

Variable	Efecto dosis	Efecto H.	Efecto período	Efecto int. período* H.	Efecto int. trat.* H.	Contraste	
						1	2
ProdTMS (kg.ha ⁻¹)	n/s	*	*	-	-	n/s	*
TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s	*
Des (%)	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s	*
MSD (kg.ha ⁻¹)	n/s	n/s	*	*	n/s	n/s	n/s
AltD (cm)	n/s	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s
MSR (kg.ha ⁻¹)	n/s	*	*	n/s	n/s	n/s	*
AltR (cm)	n/s	*	*	*	n/s	n/s	*
MSDes (kg.ha ⁻¹)	n/s	*	*	*	n/s	n/s	*

n/s: no significativo; * significativo al 0,10; - no se realizó análisis estadístico

Se detectaron efectos diferentes a la interacción período por H, para las variables MSD ($p= 0,0001$), MSDes ($p= 0,0085$) y AltR ($p= 0,095$). En relación con la MSD, no se detectó un patrón de comportamiento, si la primavera con historia se destacó por sobre el resto de las combinaciones de período* historia, seguido de la primavera sin historia; las que registran menores medias y no diferenciándose entre ellas, son el invierno e invierno-primavera.

Considerando la AltR, se detecta una diferencia significativa al 10% entre período por historia, no habiendo un patrón claro de comportamiento, siendo el tratamiento sin historia en primavera (12,7 cm) el que se diferencia de la altura del remanente del invierno con historia (7,7 cm) y del invierno- primavera sin historia (9,65- 9,89), no diferenciándose entre ellos, lo que puede explicarse como consecuencia de la intensidad de pastoreo, por ende de la OF, las cuales no mostraron diferencias, por tanto no hay relación entre AltR y OF.

En relación con la MSDes, se encontraron diferencias significativas a la interacción, siendo el tratamiento con historia en la primavera, el que se destaca frente a las restantes combinaciones.

4.3.1.1. Efecto del tratamiento

No se encontraron efectos significativos a los tratamientos con dosis de 60 unidades de N y 120 unidades de N, tanto en la producción de MS ($p=0,635$), en la tasa de crecimiento ($p=0,727$) y en el forraje desaparecido ($p=0,673$).

Cuadro 19. Efecto del tratamiento sobre la producción de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSdes) para el experimento 2 en el total del período

Tratamiento	ProdT MS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSdes (kg.ha ⁻¹)
60 N	4944	25,0	1699
120 N	5243	26,3	1706

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

Se observa que, al hacer el análisis de dichas variables con los tratamientos nitrogenados, se obtienen similares resultados que los registrados en el experimento 1. Se percibe que hay un comportamiento “opuesto”, un leve cambio de ranking entre los tratamientos debidos a que la TC de 60 N baja un punto en referencia al experimento 1, mientras que la TC de 120 N aumentó tres puntos, lo que genera igual comportamiento con respecto a la producción total de MS, sin embargo, no se encuentran diferencias significativas al efecto de la dosis de fertilización otoño-invernal en la producción invierno-primaveral.

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas al efecto del tratamiento en MSD ($p=0,462$), AltD ($p=0,441$), Rem ($p=0,388$), AltR ($p=0,826$), y en el forraje desaparecido en porcentaje ($p=0,695$) (Cuadro 19).

Cuadro 20. Efecto del tratamiento sobre el MS disponible (MSD), altura del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR) y el forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el experimento 2 en el total del período

Tratamiento	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des (%)
60 N	3010	20,3	1312	9,9	53,3
120 N	2919	19,1	1213	9,7	55,8

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

Ambos tratamientos presentaron un comportamiento similar en todas las variables de la producción de forraje.

En ambos tratamientos el forraje producido no difiere, a su vez el forraje disponible y la altura tienen igual comportamiento. Las OF manejadas en ambos tratamientos son similares, OF= 5,5%, y los valores de MSR y % de forraje desaparecido no presenta diferencias, lo que no concuerda con lo expuesto por Zanoniani (2009), Álvarez et al. (2013), quienes consideran que con bajas OF el agregado de N aumenta el MSDes en % dado por mayores incrementos en el MSDes total más que en el forraje disponible, teniendo la pastura una estructura más erecta y por lo tanto más accesible.

4.3.1.2. Efecto del período

Se encontraron diferencias significativas al efecto del período tanto para la producción de materia seca ($p < 0,0001$), para la tasa de crecimiento ($p = 0,0001$) y forraje desaparecido ($p = 0,002$). (Cuadro 20).

Cuadro 21. Efecto del período sobre la producción de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido (MSdes) para el experimento 2

Período	ProdTMS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSdes (kg.ha ⁻¹)
Invierno	796 C	13,0 C	1159 B
Inv.- prim.	1560 B	22,8 B	1537 B
Primavera	2738 A	41,2 A	2561 A

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

Al igual que en el experimento 1, las mejores producciones de MS se dan en la primavera, este comportamiento se explica por una mayor TC durante dicho período como resultado del aumento de las temperaturas medias, que permitieron incrementar las tasas de aparición y elongación foliar (Colabelli et al., 1998) y el macollaje, en conjunto con el aumento en la radiación, y la mayor disponibilidad hídrica. Esas condiciones posibilitaron una mayor expresión del crecimiento en dicho período con respecto al invierno, el período de transición se comportó de forma intermedia entre ambos períodos. Estas mejores condiciones de crecimiento permitieron que la producción de forraje primaveral fuese 3 veces superior al crecimiento de forraje invernal.

Al comparar la tasa de crecimiento del período invernal con la obtenida por Zanoniani et al. (2011), se obtienen resultados similares al promedio de sus mediciones (13,0 vs. 13,0 kg.ha⁻¹.día⁻¹).

Por otro lado, se encontraron diferencias significativas al efecto del período en las variables MSD ($p=0,0001$), AltD ($p<0,0001$), MSR ($p=0,008$), y AltR ($p=0,0255$). Mientras que en la variable %Des ($p=0,1393$). no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 21).

Cuadro 22. Efecto del período sobre el forraje disponible (MSD), altura del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR), y el forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el experimento 2

Período	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des (%)
Invierno	2289 B	14,1 B	1130 B	8,8 B	46,3
Inv.- prim.	2515 B	16,4 B	1127 B	9,5 AB	55,6
Primavera	4089 A	28,7 A	1531 A	11,2 A	61,8

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

La producción invernal, trabajando con OF menores que la primavera e igual dosis de N, presenta una respuesta en producción del 88% de la obtenida en primavera. Esto se explicaría porque los factores involucrados en el crecimiento vegetal están disminuidos, el PAR incidente es menor y los procesos por los que se rige el N se ven enlentecidos por las bajas temperaturas (Peirano y Rodríguez, 2004).

La primavera muestra superioridad en todas las variables de forma significativa con respecto al invierno e invierno-primavera que tienen igual comportamiento.

La MSD en este período está explicada por una alta tasa de crecimiento, condiciones de temperatura media y radiación, determinando alturas mayores en el disponible, permitiendo ofertas mayores, en torno a 6%, con respecto al invierno OF: 5%. De la misma forma se comporta el material remanente y la altura remanente, facilitando una rápida regeneración de la pastura dado que el aporte de nitrógeno acelera la tasa de reposición de tejidos foliares permitiendo a la pastura llegar antes al IAF óptimo y siendo por lo tanto más accesible al animal, aumentando de esta forma el forraje cosechado. Coincidentemente con Zanoniani (2009), con bajos niveles de OF, el forraje desaparecido aumenta con el agregado de fertilizante.

Se constata diferencias estadísticamente diferentes para este período para el efecto tratamiento ($p= 0,0092$) e historia de fertilización ($p= 0,0001$) e incluso los contrastes ortogonales 1 ($p=0,0092$) y 2 ($p= 0,0001$) para dicha

variable; por tanto los tratamientos con disis de 60N fueron significativamente superiores a los de 120N, mientras que con relación a los tratamientos con historia fueron superiores a los tratamientos sin historia.

Al comparar la MSR y AltR con el período de invierno, se observó que los valores obtenidos fueron superiores. Este comportamiento se explicó por los factores anteriormente mencionados, que influyeron en la TC, y no por un menor consumo animal, ya que la MSDes en promedio duplicó los registros de invierno.

El % de desaparecido presenta una superioridad de 33% con respecto al invierno, esto se explica mayormente por la cantidad de forraje disponible, contribución de material verde y menos restos secos, así como por la contribución de especies anuales finas, ofreciendo un material de mayor calidad y apetecibilidad no obstante, permite que exista una baja selección por parte del animal dado por una alta carga.

Cabe destacar que el forraje desaparecido en % tanto en invierno como en el período intermedio, es similar al esperado en CN, según Berretta (2005), quien reporta utilizaciones de 45% para campos naturales de basalto.

4.3.1.3. Efecto de la historia de fertilización

Se encontraron diferencias significativas en el efecto de la historia de la fertilización tanto para la producción de materia seca ($p=0,0242$), tasa de crecimiento ($p=0,0245$) y el forraje desaparecido ($p=0,039$) (Cuadro 6).

Cuadro 23. Efecto de la historia de la fertilización sobre la producción de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido total (MSdes) para el experimento 2

	ProdTMS (kg.ha ⁻¹)	TC (kg.ha ⁻¹ .día ⁻¹)	MSdes (kg.ha ⁻¹)
Sin historia	4272 B	21,4 B	1482 B
Con historia	5915 A	29,8 A	2022 A

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

Existe mayor respuesta para todas las variables mencionadas por parte del tratamiento con mayor historia de fertilización.

La producción de forraje en el tratamiento con historia se ve acrecentada en un 39% con respecto al tratamiento sin historia de fertilización, lo que coincide con lo aportado por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017), quienes en el promedio de los primeros once años, encontraron que la producción anual de forraje fue 32 % superior en N100, justificado por el incremento en la contribución de gramíneas invernales; en este caso no se encontró significancia a la presencia de gramíneas anuales invernales ($p=0,7364$) no siendo esta la causa del aumento.

Dicha superioridad en la producción de MS por parte de los tratamientos fertilizados con 60N y 120N, no se explica por aumentos en la oferta, ya que no se encontraron diferencias significativas para esta variable ($p=0,648$) con respecto a la historia de fertilización, resultando también en una mayor TC. Siendo coincidente con Lorenz y Rogler (1973a), quienes encontraron también respuesta a la fertilización en la producción de forraje con aplicaciones anuales durante 8 años con 45 kg.ha^{-1} de N producen significativamente más forraje que los tratamientos no fertilizados con N o solo fertilizados con fósforo (20 kg.ha^{-1} de P). Además, estos autores mencionan que cuando se aplicaron 90 kg.ha^{-1} de N la producción siempre fue mayor que los tratamientos con 45 kg.ha^{-1} de N, lo que no ocurrió en este experimento.

Los valores de tasa de crecimiento de los tratamientos con historia de fertilización son un 13% superior a los otros tratamientos, valores muy superiores a los obtenidos por Duhalde y Silveira (2018), siendo el valor de la misma de $25,5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Esto coincide con lo mencionado con Zanoniani et al. (2011), quienes indican que la tasa de crecimiento de la pastura aumenta con las fertilizaciones nitrogenadas, siendo esta mayor en bajas ofertas con respecto a altas ofertas de forraje.

En el Cuadro 24 se observa que no hay efectos significativos al tratamiento con historia de fertilización nitrogenada en MSD ($p=0,633$) y AltD ($p=0,391$). Sin embargo, se encuentran diferencias significativas en MSR ($p=0,037$), AltR ($p=0,036$), el cual se infiere dado por la calidad ofrecida, aunque no se ve reflejado estadísticamente en la contribución de los tipos productivos tierno-fino entre ambos grupos, ya que las OF manejadas son similares.

Cuadro 24. Efecto de la historia de la fertilización sobre el forraje disponible (MSD), altura del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente (MSR), altura del forraje remanente (AltR) y el forraje desaparecido en porcentaje (Des) para el experimento 2

	MSD (kg.ha ⁻¹)	AltD (cm)	MSR (kg.ha ⁻¹)	AltR (cm)	Des (%)
Sin historia	2867	19,1	1386 A	10,6 A	49,2 B
Con historia	3062	20,4	1139 B	9,0 B	59,9 A

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

Como consecuencia a esto, se encontraron diferencias significativas en MSdes ($p=0,039$) y Des ($p=0,095$). Dado que, al entrar a pastorear con la misma cantidad de materia seca disponible, con OF similar de 5,5 pero difiriendo en la accesibilidad (teniendo la pastura una estructura más erecta y por lo tanto más accesible, la diferencia en % de MS desaparecido se explica (con H 22% más que tratamiento sin H) por los distintos valores en la materia seca remanente.

4.3.2. Respuesta animal

No se encontraron efectos significativos para las variables estudiadas, OF (%), carga media (CM) y ganancia por hectárea (kg.ha⁻¹), excepto para el período; en cambio para la variable GMD (kg.an⁻¹.día⁻¹) se encontraron diferencias significativas para el período y para la interacción período por historia de fertilización. No hay diferencias detectables en dosis ni en historia de fertilización.

Cuadro 25. Resumen de la significancia estadística del efecto tratamiento y la historia de la fertilización sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria por animal (GMD) y ganancia por unidad de superficie (G.ha⁻¹) del experimento 2 en el total del período evaluado

Variable	Efecto dosis	Efecto hist.	Efecto período	Efecto Int. período* H.	Efecto int. trat.* H.	Contraste	
						1	2
OF (%)	n/s	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s
CI (kg.ha ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-
CM (kg.ha ⁻¹)	n/s	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s

GMD (kg.an ⁻¹ .día ⁻¹)	n/s	n/s	*	*	n/s	n/s	n/s
G.ha ⁻¹ (kg.ha ⁻¹)	n/s	n/s	*	n/s	n/s	n/s	n/s

n/s: no significativo; * significativo al 0,10.

Se presenta una interacción período* historia de fertilización para la GMD (p= 0,0946), que determinó la superioridad de la primavera y el invierno-primavera, tanto con historia como sin historia, por tanto el período está marcando el mayor efecto. De igual forma se encontró diferencias significativas a la interacción período* dosis de N (p= 0,0848), mostrando una superioridad en el período de primavera con dosis de 60N frente a 120N para el mismo período. En invierno e invierno- primavera siempre se registraron superiores ganancias en el 120N (0,020- 0,840 kg.an⁻¹.día⁻¹) siendo diferentes significativamente entre ellas; el invierno registró las menores ganancias diarias. El efecto principal de la interacción está dado por el período.

4.3.2.1. Efecto del tratamiento

Los valores obtenidos para las variables oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (G.ha⁻¹), no encontrándose diferencias en efecto de las dosis de N para estas variables. Los valores de p-valor para las mismas fueron: OF (p=0,9394), GMD (p=0,5097).

Cuadro 26. Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por superficie (G.ha⁻¹) para el experimento 2

Tratamiento	OF (%)	CI* (kg.ha ⁻¹)	CM (kg.ha ⁻¹)	GMD (kg.an ⁻¹ .día ⁻¹)	G.ha ⁻¹ (kg.ha ⁻¹)
60N	5,5	2605	1460	0,57	472
120N	5,5	2746	1375	0,50	345

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

Para las variables animales estudiadas, OF y GMD, no se encontró efecto significativo del nitrógeno para ninguna de ellas, existiendo así diferencias en términos absolutos para las variables CI, CM y G.ha⁻¹. Como se mencionó anteriormente para el efecto del agregado de diferentes dosis de nitrógeno sobre las variables de producción primaria de forraje, no se encontraron diferencias significativas, pero si en valor absoluto, por lo cual es esperable las pequeñas diferencias numéricas encontradas en estas variables.

La oferta de forraje final fue considerablemente por debajo del objetivo del experimento (8-12%). Correspondiendo a un ajuste fuera de tiempo en la oferta en el período experimental, lo que repercutió de igual manera en ambos tratamientos, llevando a que no hubiera diferencias significativas entre estos en dicha variable. Teniendo presente que no hubo diferencias en la oferta, ni en la disponibilidad de forraje, pero si en términos absolutos, se tiene incidencia en la carga animal, siendo superior en el tratamiento 60N.

El aumento en la dosis de N de 60N a 120N, no posibilita incrementar la carga, lo que se contradice con Boggiano et al. (2000c) en Rio Grande do Sul, quienes obtuvieron que a iguales OF, el agregado de N permitió aumentos en la carga de hasta 500 kg.ha^{-1} de peso vivo (PV), lo que equivale a un incremento de $2,5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de PV por kg de N agregado.

La GMD tampoco se ven afectadas por la dosis de nitrógeno lo que sugiere que no hubo una mejora en la calidad del forraje explicada por el nitrógeno a igual nivel de OF, pero se percibe una superioridad del 27% del tratamiento 60N en G.ha^{-1} , aunque no se constata estadísticamente.

Los valores obtenidos en GMD se encuentran en una situación superior con dotaciones altas ($3,7 \text{ UG.ha}^{-1}$) frente a los valores encontrados por Berretta (2005a), quien al experimentar con dos niveles de carga, obtiene GMD de $0,500 \text{ kg.an}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con UG.ha^{-1} : 0,9 y GMD: $0,300 \text{ kg.an}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con una dotación de $1,5 \text{ UG.ha}^{-1}$, siendo la fertilización utilizada de 92 kg.ha^{-1} de N y 44 kg.ha^{-1} de P_2O_5 , con un sistema de pastoreo rotativo que presenta 14 días de pastoreo y 42 de descanso.

La producción de carne por unidad de superficie (G.ha^{-1}) no se vió afectada por las altas cargas y se beneficia por las ganancias individuales.

4.3.2.2. Efecto del período

Se percibe que existen efectos significativos para las variables de producción secundaria evaluadas OF ($p= 0,0498$), CM ($p= 0,0003$), GMD ($P=<0,0001$) y G.ha^{-1} ($P=<0,0001$), por tanto, cabe destacar que no se perciben pérdidas de peso por animal en los períodos evaluados, la transición es el período donde se registran las mayores ganancias diarias por animal, mientras que en la primavera a pesar de presentar superioridad en OF, no tiene igual tendencia en GMD, el período de invierno presenta las menores GMD, debido a manejar la menor OF.

Cuadro 27. Efecto del período sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por superficie ($G \cdot ha^{-1}$) para el experimento 2

Período	OF (%)	CI* ($kg \cdot ha^{-1}$)	CM ($kg \cdot ha^{-1}$)	GMD ($kg \cdot an^{-1} \cdot día^{-1}$)	$G \cdot ha^{-1}$ ($kg \cdot ha^{-1}$)
Invierno	4,6 B	1859	944	0,16	17
Inv.- prim.	5,7 AB	2116	1060	1,13	146
Primavera	6,3 A	4052	2247	0,31	41

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

Como consecuencia de manejar OF bajas en el invierno, la respuesta animal tomando la GMD, se perciben ganancias de peso, esto puede deberse a la cantidad de forraje ofrecido, el cual considera el forraje diferido de otoño (restos secos, $p=0,0058$), sumándole a esto la mejora en la calidad (aumento significativo de la contribución de gramíneas perennes estivales tiernas finas, $p=0,0002$) que genera el agregado de N. Coincidiendo con Berretta (1998b), la fertilización nitrogenada- fosfatada en inicio de otoño y fin de invierno estimula el crecimiento de las especies invernales y ayuda al rebrote más temprano de especies estivales, expresándose en una mayor tasa de crecimiento y consecuente producción de forraje. Dicho impacto estuvo acrecentado por las condiciones ambientales propicias para esta estación.

Cabe destacar que, dentro del período invernal, se encontró significancia al efecto de la interacción historia* tratamiento ($p=0,0656$), la cual no muestra un patrón definido, siendo superior las GMD obtenidas con dosis de 60N con historia, así como la combinación de 120N sin historia, la inferioridad fue presentada por el tratamiento 120N con historia.

Los valores logrados en GMD para dicho período no coincidieron con los obtenidos por Larratea y Soutto (2013), quienes estudiando el efecto de dos dosis de N (60 y $114 \text{ kg} \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$) sobre la ganancia individual en el período invierno-primaveral, encontraron que los tratamientos presentaron pérdidas de peso invernales asociadas a OF en el orden de $5,95 \%$ sin ser estadísticamente diferentes entre ellos.

La carga animal en invierno tiene efecto a la interacción dosis de N * historia de fertilización ($p= 0,0075$), donde las mayores cargas fueron en los tratamientos sin historia, apoyado a esto los contrastes ortogonales tanto 1 como 2 dieron estadísticamente significativos, considerando la superioridad significativa de la dosis 60N. Para esta variable, en dicho período registra los menores valores, como consecuencia de la menor producción de forraje y por

ende la receptividad de la pastura también lo es, traduciéndose así a menores soportes de carga.

En el período invierno- primavera, que abarcó el fin de invierno e inicio de primavera, se constata efecto a la interacción historia por dosis de N agregado para la variable GMD ($p= 0,0011$), mostrando una superioridad significativa en el tratamiento sin historia con dosis de 120N; apoyando a lo mencionado el contraste 2 que presenta significancia ($p= 0,0112$) donde los tratamientos sin historia tienen mayores registros de GMD frente a los tratamientos con historia. En referencia a la carga media también se ve efecto a la interacción historia * dosis de N ($p= 0,0384$), siendo los tratamientos sin historia superiores a los tratamientos con historia (apoyado en significancia de contraste1), la inferior carga la presenta el tratamiento 120N* con historia.

Éste se consideró un período bisagra entre ambas estaciones, se registraron temperaturas medias invernales por encima del promedio, sin heladas y adecuada disponibilidad hídrica. Se obtuvieron ganancias medias diarias superiores, $0,820 \text{ kg.an}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con respecto a la primavera aun manejando OF similares y $0,970 \text{ kg.an}^{-1}.\text{día}^{-1}$ superior al invierno. Esto está explicado por las bondades de un buen invierno, así como por la potencialidad de la primavera, donde el agregado de fertilizante se expresa, incrementando el macollaje, la velocidad de aparición y elongación foliar, por ende, la tasa de crecimiento (Colabelli et al., 1998). Lo que repercute en una mayor ProdTMS, acentuado por el cambio fenológico de las especies invernales, pasando de estado vegetativo a reproductivo.

En conjunto a esto, prima el material verde ($p=<0,0001$), viéndose un aumento significativo en la contribución de gramíneas anuales invernales ($p=0,0025$), lo que coincide con Boggiano et al. (2004c), Rodríguez Palma et al. (2004a). Esto pudo estar explicado porque el N es el factor más influyente sobre la tasa de elongación foliar, particularmente en especies con alta respuesta a este nutriente como *Lolium multiflorum*, lo que determinó un mayor crecimiento aéreo de la pastura cuando la temperatura no fue limitante (Gastal y Lemaire, citados por Colabelli et al. 1998, Rodríguez, citado por Zanoniani et al. 2011).

Conforme a esto, las G.ha^{-1} del período intermedio, mostraron una superioridad frente al invierno (siendo esta de 129 kg.ha^{-1}), debido a una mayor respuesta animal individual, como por la mayor OF, siendo manejadas a cargas similares, permite que estas variables se expresan sincrónicamente.

Dentro del período primaveral, para la variable GMD se muestran efectos diferenciados estadísticamente a la dosis ($p= 0,0145$), donde se presenta amplia superioridad de 60N frente a 120N, (0,53A vs. 0,10B),

apoyando a este el efecto del contraste ortogonal 1 ($p= 0,0145$), repercutiendo en el promedio por período, ya que tras manejar las mayores OF que invierno, y no encontrar limitaciones en la producción primaria (ProdTMS y MSD), la respuesta animal individual es afectada por la calidad de forraje cosechado, material ya en estado reproductivo (raigrás anual encañado), dado por una relación intermedia de verde/seco: 69/31 ($p \text{ verde}=0,0001/ p \text{ seco}= 0,0001$) y a la alta contribución significativa de cardos ($p= 0,0086$).

Al comparar los resultados obtenidos en GMD primaverales, se encontró que fueron inferiores a los reportadas por Gianluppi et al. (2002). En dicho experimento, fertilizando en primavera-verano con dosis desde 0 a 200 kg.ha^{-1} de N, las GMD obtenidas promedio fueron de $0,730 \text{ kg.an}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, la carga utilizada por los autores en tratamientos con fertilizaciones de 100 kg.ha^{-1} no fue similar a la manejada en primavera, siendo ésta una CM 1150 kg.ha^{-1} . Discordando con esto, Duhalde y Silveira (2018), obtuvieron GMD de $1,1 \text{ kg.an}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ con CM de 949 kg.ha^{-1} .

En cuanto a la G.ha^{-1} , se percibe como está condicionada por la alta carga, la misma fue posible por la mayor producción de forraje que presentó dicho período, pero no se logró un balance entre oferta y carga, perjudicando ambas variables de respuesta, las bajas GMD no lograron ser compensadas por la alta carga. De forma contraria a lo obtenido por Azanza et al. (2004), quienes con 100 kg.ha^{-1} de N, encontraron G.ha^{-1} promedio de 325 kg.ha^{-1} para este período.

4.3.2.3. Efecto de la historia de fertilización

No se encontraron efectos significativos de la historia de fertilización para las variables de producción secundaria GMD ($p= 0,523$) y G.ha^{-1} ($p= 0,920$), CM ($p= 0,912$), así como para la OF ($p=0,648$).

Cuadro 28. Efecto de la historia de fertilización sobre la oferta de forraje (OF), carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia media diaria (GMD) y ganancia por superficie (G.ha^{-1}) para el experimento 2

Trat.	OF (%)	CI* (kg.ha^{-1})	CM (kg.ha^{-1})	GMD ($\text{kg.an}^{-1}.\text{dia}^{-1}$)	G.ha^{-1} (kg.ha^{-1})
Sin H	5,4	3081	1436	0,49	419
Con H	5,7	2676	1398	0,57	398

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

Las variables que no fueron analizadas estadísticamente, tienen un comportamiento similar en términos absolutos, manejando iguales OF, con cargas sutilmente diferentes, no siendo considerables, siendo ésta superior en el tratamiento sin historia que llevó a una leve superioridad en $G.ha^{-1}$.

La carga media que soporta el sistema con OF en torno a 5,5 está por encima de lo obtenido por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017), quienes encontraron superioridad en nueve de catorce años de estudio de fertilización con $100 kg.ha^{-1}$ de N, siendo esta de $1188 kg.ha^{-1}$. Para la variable GMD, esta fue levemente superior en relación a la obtenida por dichos autores, para el promedio de 11 años (GMD: $0,472 kg.an^{-1}.día^{-1}$), no encontrando diferencias significativas de la fertilización con respecto al testigo.

La $G.ha^{-1}$ resultó similar obtenida por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017), siendo la obtenida por ellos de $410 kg.ha^{-1}$ en la mitad de los años que fue evaluado, como consecuencia de una mayor ganancia media diaria, manejando la entrada de pastoreo constante (7-9cm).

Pese a las fertilizaciones consecutivas y a la alta intensidad de pastoreo no se constata cambios en la contribución de especies como gramíneas, en contraposición a lo obtenido por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017), quienes luego de seis años en N100 encontraron cambios en la participación de las especies: aumento de 25 % en gramíneas invernales y reducción de 29 % en gramíneas estivales, de 36 % en malezas + leguminosas y de 40 % en otros componentes.

Apoyando a dichos autores, Ayala y Carámbula (1994a), Cardozo et al. (2008), reportan la predominancia de especies anuales invernales como efecto residual de sucesivas fertilizaciones, observando que con altas dosis de N tuvo alta presencia de *Lolium multiflorum*, indicador de degradación del campo natural, debido a que especies anuales ocupan espacios que originalmente eran ocupados por especies perennes, así como *Cardus acanthoides* y *Cirsium vulgare*, esto lleva a una paulatina degradación de la pastura, al sustituirse especies perennes por anuales y perdiendo la biodiversidad de especies del campo natural.

En el experimento con historia de fertilización, se encuentran indicios de degradación dado por la presencia de hierbas enanas ($p= 0,0191$) y %suelo desnudo ($p=0,0395$) que en futuro podrían condicionar la productividad de las pasturas, como lo reportan los autores mencionados anteriormente.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo se evalúa la producción de forraje, así como la respuesta animal del campo natural con diferentes grados de intervención. En todo el período de evaluación se observaron diferencias significativas en las variables ProdTMS, TC, MSD, AltD, Rem, AltR y %Des, los tratamientos con intervención fueron superiores al testigo en producción y tasa de crecimiento, no habiendo diferencias entre los mismos. Al analizar los períodos individualmente, se ve que la producción en la primavera destaca sobre los demás períodos, como consecuencia de una mayor tasa de crecimiento, 100% superior al invierno, no obteniéndose diferencias estadísticas entre los tratamientos para dicho período; en términos absolutos el testigo registró las menores producciones, estas se distanciaron de apenas un 23%. En este período se registraron las mayores tasas de crecimiento y de MS disponible de materia seca de todo el período de evaluación.

En cuanto a la respuesta animal obtenida en el total del período, a pesar de no encontrar diferencias significativas entre tratamientos, se obtuvieron resultados que muestran mayores ganancias medias diarias en los tratamientos nitrogenados no obteniéndose diferencias entre dosis, siendo las ganancias medias diarias del testigo significativamente inferior. Esto se atribuye a la mayor calidad de la pastura explicada por la mayor contribución de especies anuales invernales tiernas finas, adicionando que las mayores producciones contribuyen a un mayor soporte de carga lo que repercute positivamente en una mayor ganancia por hectárea.

Se encontraron diferencias significativas entre períodos para las ganancias medias diarias, registrando valores de mantenimiento en el período invernal, en cambio en invierno-primavera se registraron ganancias superiores a la primavera. No se percibe un patrón lineal entre oferta y ganancias medias diarias por lo cual esto se atribuye a otros factores, como la calidad de la pastura así como al factor clima.

A pesar de que se manejaron ofertas similares en el período invernal, se observaron diferencias en la ganancia media diaria entre tratamientos, en el testigo y en el CNm se constatan pérdidas de peso, en cambio en los tratamientos nitrogenados se alcanzan ganancias, explicado por una mayor contribución de gramíneas anuales invernales.

Para el período de invierno-primavera, se encontraron diferencias significativas para la OF, siendo superiores los nitrogenados por sobre el CN y CNm, todos los tratamientos obtuvieron ganancias, diferenciándose los intervenidos del testigo, obteniendo estas ganancias entorno a $1 \text{ kg}\cdot\text{an}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$,

no registrándose diferencias entre ellos, dichos tratamientos son los que toleran mayores cargas resultado de una mayor producción de materia seca obteniendo una mayor respuesta animal por hectárea.

En el período primaveral, se manejaron diferentes ofertas, no encontrándose diferencias estadísticas entre las mismas, en términos absolutos la oferta superior fue utilizada en el testigo y no encontrándose diferencias entre los intervenidos. En cambio las ganancias medias diarias y ganancias por hectárea fueron similares entre tratamientos, excepto el tratamiento 60N, el cual se percibe favorecido, explicado por un mayor volumen de forraje ofrecido así como en la mejora de la calidad de la pastura, por la promoción del crecimiento de especies invernales de mayor calidad en los tratamientos nitrogenados. La contribución de restos secos en dicho período en el CN, afectó las GMD, perjudicando de igual manera la $G \cdot ha^{-1}$. En los tratamientos con intervención a mayores cargas se obtienen ganancias superiores. Al comparar los tratamientos nitrogenados con igual carga, se infiere que las ganancias medias diarias y las ganancias por hectárea son superiores con menor agregado de nitrógeno.

Por otro lado, al evaluar el efecto de la dosis e historia de fertilización en todo el período sobre las variables de producción primaria, no hay efecto dosis para las mismas, en cambio se encuentran diferencias significativas para todas excepto MSD y AltD con respecto a la historia de fertilización. Los tratamientos que alcanzaron registros superiores son los que tienen historia de fertilización. En cuanto a las variables estudiadas en función de la respuesta animal no se registra efecto historia ni efecto dosis. En el experimento 2, hay respuesta animal diferente según el período, siendo las ganancias medias diarias superiores en el invierno-primavera y registrándose las menores en invierno, debido a una elevada carga en este período, en cambio en el experimento 1, se registraron las mayores ganancias medias diarias en el período invierno-primavera y primavera, con ganancias de mantenimiento invernales.

5. CONCLUSIONES

Los tratamientos intervenidos presentan superiores producciones de materia seca y tasa de crecimiento respecto al testigo en el total del período.

El período primaveral es el que registra los mayores valores en producción primaria no habiendo diferencias entre los demás períodos.

Los tratamientos intervenidos permitieron aumentar la receptividad animal (CM).

La oferta de forraje manejada fue similar en todos los tratamientos, adicionando que el forraje disponible no difirió entre ellos, las diferencias en ganancias medias diarias se podrían explicar por una diferencia en la calidad del forraje cosechado.

No se justificaría fertilizaciones con dosis mayores a 60 kg.ha^{-1} de N.

Los tratamientos con historia de fertilización presentaron superioridad en producción de forraje, tasa de crecimiento y MSDes, en cambio no se obtuvieron diferencias en producción animal.

6. RESUMEN

El estudio se realizó en un campo natural de la Facultad de Agronomía, el potrero 18, situado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, en Paysandú, Uruguay (32° 20'9" latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. N. m.). El período de evaluación estuvo comprendido entre 10 de junio del 2019 y el 23 de diciembre del mismo año; éste se dividió en tres períodos: invierno, invierno-primavera y primavera. El objetivo consistió en evaluar el desempeño animal sobre niveles crecientes de intensificación de un campo natural, el cual fue sometido a dos niveles de fertilización nitrogenada y a la introducción de leguminosas bajo pastoreo rotativo con 15 días de ocupación y 45 días de descanso, con vaquillonas Hereford de un peso promedio de 262 ± 18 kg PV para el experimento 1 y 245 ± 8 kg PV para el experimento 2, siendo las ofertas de forraje definidas a priori, de 6-8% promedio en invierno y 10-12% en primavera. El diseño experimental 1, se basó en bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones en las que se evaluó: un testigo sin intervención (CN), dos niveles de N, 60 (60 N) y 120 kg.ha⁻¹ de N (120 N), y un mejorado con leguminosas de *Lotus tenuis* cv Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNm). Los tres tratamientos intervenidos fueron fertilizados con 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. En adición al anterior, se realizó el experimento 2, donde se evaluó el efecto de dos niveles de fertilizante aplicado, 60 (60 N) y 120 kg.ha⁻¹ de N aplicados en otoño-invierno (120 N) y el efecto de la historia de fertilización. Para el análisis del este, se realizó un diseño experimental en bloques completos al azar con ocho repeticiones. Se realizó un análisis de varianza entre los tratamientos, así como contrastes ortogonales. Las variables analizadas fueron: producción de MS (ProdT MS), tasa de crecimiento (TC), forraje desaparecido total (Total MSdes), forraje disponible (MSD), altura promedio del forraje presente a la entrada de los animales (AltD), forraje remanente promedio (Rem), altura promedio del forraje remanente (AltR), forraje desaparecido promedio (MSdes) y el forraje desaparecido promedio en porcentaje (Des) carga instantánea (CI), carga media (CM), ganancia por animal (GMD) y oferta de forraje (OF). La ProdT MS en los tratamientos con intervención fue superior al testigo en producción y tasa de crecimiento, no habiendo diferencias entre los mismos. En primavera, se registraron las mayores producciones no habiendo diferencias entre tratamientos, en invierno-primavera, se presenta superioridad a favor de los tratamientos intervenidos, mientras que en invierno no hay diferencias entre las producciones totales de MS entre los mismos. Los tratamientos intervenidos alcanzan cargas superiores a lo largo de todo el período, tradiciéndose esto en mayor G.ha⁻¹. Existió efecto de la historia de fertilización sobre la producción total de MS, así como en la tasa de crecimiento en el período evaluado. En la respuesta animal en todo el período, para la variable ganancia media diaria, no se registraron diferencias

estadísticas entre tratamientos. Las OF manejadas en todas las estaciones fue similar, en torno al 5-7%. No existió efecto de la historia de fertilización, así como de la dosis de N sobre la GMD, ni en la g.ha^{-1} en el período evaluado.

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

7. SUMMARY

The experiment was taken place on a natural field of Faculty of Agronomy, the pasture 18, situated in the Mario A. Cassinoni Experimental Station, in Paysandú department, Uruguay (32° 20'9" S and 58° W, 61 ms. N. m.). The evaluation was from June 10th. 2019, to December 23rd. 2019, and it was divided in three periods: winter, winter-spring and spring. The objective was to evaluate the production of heifers of the Hereford breed with an average weight of $262 \pm 18\text{kg}$ for the experiment 1 and $245 \pm 8\text{kg}$ for the experiment 2; under rotational pasturage, with 15 days of grazing and 45 days resting, of natural field with increasing levels of intervention, submitted under two levels of nitrogenous fertilization and the introduction of legumes with herbage allowance of 6-8% in winter and 10-12% in spring. The experiment 1 consisted of a completely randomized block design with four replications, testing two levels of nitrogen, 60 and 120 kg/ha of N, improved natural field with legumes of *Lotus tenuis* cv. Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNM) and natural field (CN) as a witness. The three undergoing treatments were fertilized at sowing with 40 kg/ha of P_2O_5 . On the other hand, the experiment 2, which corresponds to a natural field with history of NP fertilization, was evaluated with two repetitions of 60 and 120 kg/ha of N. For the analysis of this, an experimental design was carried out in completely randomized blocks with eight repetitions. An analysis of variance was performed between the treatments, as well as orthogonal contrast. The analysed variables were: forage production (ProdT MS), (TC), disappeared forage (MSDes), available forrage (MSD) , available forrage average height (AltD), average remnant forage (Rem), remnant forage average height (AltR), average missing forage (MSdes) average missing forage in percentage (Des), instant upload (CI) medium upload (CM), gain per animal, (GMD) and forage allowance (OF). The ProdT MS of the intervened treatments was higher in comparisson to the witness, in production and in growth rate, without having difference between this ones. The highest productions were registered in spring, without difference between treatments; in winter-spring there is a superiority in favour of the intervened treatments; while in winter, there are no differences between their total MS productions. Intervened treatments reach higher loads throughout the entire period, translating this into higher G.ha-1. There was effect explained by the history of the NP fertilization on the total MS production, and growth rate in the period. For the animal response in the period, analysing the average gain per animal and per day, was shown no statistic differences among treatments. The forage allowance was similar in all the seasons, being near to 5-7%. There was no effect of NP fertilization history,

nor of the N dose, on the average gain per animal or per hectare in the evaluated period.

Keywords: Natural field; Legumes; Nitrogen; Winter; Winter-Spring; Spring.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
2. Altesor, A.; Dilandro, E.; May, H.; Ezcurra, E. 1998. Long – term species changes in a Uruguay grassland. *Journal of Vegetation Science*. 9:173-180.
3. _____.; Pineiro, G.; Lezama, F.; Rodríguez, C.; Leoni, E.; Baeza, S.; Paruelo, J. M. 2005. El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas: ¿qué sabemos y cómo podemos usar el conocimiento para manejarlas mejor? *In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 151).
4. Álvarez, M. C.; Álzaga, G.; Nopitsch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje del campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
5. Apezteguía, E.; Bruni, M.; Orcasberro, R.; Rinaldi, C.; Soca, P.; Garin, D.; Machado, A. 1992. Evaluación de una cobertura de lotus con vacunos bajo distintas presiones de pastoreo. *In: Jornada de Investigación sobre Producción Animal en Pastoreo (1991, Paysandú). Trabajos presentados*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 11-21.
6. Armstrong, R.; Robertson, E.; Hunter, E. 1995. The effect of sward height and its direction of change on the herbage intake, diet selection and performance of weaned lambs grazing ryegrass swards. *Grass and Forage Science*. 50:389-398.
7. Ayala, W.; Carriquiry, E.; Carámbula, M. 1993. Caracterización y estrategias de utilización de pasturas naturales en la Región Este. *In: Jornada de Campo Natural (1993, Treinta y Tres). Campo natural: estrategia invernal, manejo y suplementación*.

Montevideo, Uruguay, INIA pp. 1- 28 (Actividades de Difusión no. 49)

8. _____.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
9. _____.; _____. 1996. Mejoramientos extensivos en la región Este. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 166-182 (Serie Técnica no. 80).
10. Azanza, A.; Panizza, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.
11. Bavera, G.; Beguet, H. 2003. Termorregulación corporal y ambientación. (en línea). s.n.t. 14 p. Consultado 16 mar. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/04-termorregulacion_corporal_y_ambientacion.pdf
12. Bemhaja, M.; Berretta, E. J. 1991. Respuesta a la siembra de leguminosas en Basalto profundo. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 103-114 (Serie Técnica no. 13).
13. _____. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
14. _____.; Olmos, F. 1996. Producción de pasturas en suelos arenosos. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 221-229 (Serie Técnica no. 80).
15. _____. 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).

16. _____. 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).
17. _____. 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).
18. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 151).
19. Berretta, E. J.; Levrato, J. C.; Zamit, W. S.; Bemhaja, M.; Pittaluga, O.; Silva, J. A.; Guerra, J. C. 1990. Efecto del sistema de pastoreo. Relación lanar/vacuno y carga animal sobre la producción y utilización de pasturas naturales. Evolución de la vegetación en pastoreo continuo y rotativo a igual dotación y relación lanar/vacuno 2/1. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 291-298.
20. _____.; Bemhaja, M. 1991. Producción de pasturas naturales en basalto. Producción estacional de forraje de tres comunidades nativas sobre suelos de basalto. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 19-23 (Serie Técnica no. 13).
21. _____. 1994. Producción de pasturas naturales en basalto. A. Producción mensual y estacional de cuatro comunidades nativas sobre suelo de basalto. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 12-18 (Serie Técnica no. 13).

22. _____. 1996. Campo natural: valor nutritivo y manejo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 113-127 (Serie Técnica no. 80).
23. _____. 1998a. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 91-98 (Serie Técnica no. 102).
24. _____.; Risso, D.; Levratto, J. C.; Zamit, W. S. 1998b. Mejoramiento de campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 63-74 (Serie Técnica no. 102).
25. _____. 2003. Aspectos de manejo del campo natural. In: Seminario Campo Natural y las Empresas Ganaderas (2003, Montevideo, UY). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, Instituto Plan Agropecuario. pp. 29 - 32.
26. _____. 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).
27. _____. 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).
28. Bertol, I.; Gomes K.; Denardin R.B.N.; Machado, L.Z.; Maraschin, G.E. 1998. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 33:779-786.
29. Boggiano, P.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M.; Marçal, G.; Magdalena, E.; Vieira, J.; Dos Santos, R.; Silveira, F. 1998. Efeito da adubação nitrogenada (N) e da oferta de forragem (OF) sobre a composição botânica da pastagem natural. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área

Tropical y Subtropical, Grupo Campos (17^{a.}, 1998, Lages).
Resúmenes. Lages, s.e. p. 132.

30. _____. 2000a. Dinâmica da produção primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis Ing. Agr. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 190 p.
31. _____.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000b. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem sobre as taxas estacionais de acumula de matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (18^{a.}, 2000, Guarapuava). Trabajos presentados. Guarapuava, s.e. pp. 120-121.
32. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2000c. 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.
33. _____.; Zanoniani, R.; Millot, J. C. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 105-114 (Serie Técnica no. 151).
34. 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, Uruguay, Geoeditores. Escala 1:1.000.000.
35. 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.
36. Brizuela, M. A.; Cibils, A. F. 2011. Implicancias de la carga y distribución de los animales en pastoreo en la utilización de pasturas. In:

Cangiano, C. A.; Brizuela, M. A. eds. Producción animal en pastoreo. 2ª. ed. Buenos Aires, INTA. cap. 13, pp. 349-376.

37. 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, Grupo Campo (20ª., 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 322-323.
38. Cangiano, C. A. 1997. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, Argentina, INTA. 145 p.
39. Caram, N.; Casalás, F.; García, J.; Zanoniani, R.; Duhalde, M.; Silveira, M.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Respuesta en producción de forraje a mejoramiento y fertilización de campo natural. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos (24ª., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 59 - 61.
40. Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
41. _____. 1992. Mejoramientos extensivos; fundamentos. In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la Región Este: resultados experimentales 1991-92. Treinta y Tres, INIA. pp. 12-16 (Actividades de Difusión no. 75)
42. _____. 1996. Mejoramientos extensivos; fundamentos. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 241-245 (Serie Técnica no. 80).
43. _____. 2008. Pasturas naturales mejoradas. 2ª. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
44. Cardozo, R.; Kunrath, T.; Boggiano, P.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (22ª., 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 155-156

45. Carvalho, P. C. F.; Santos, D. T.; Neves, F. P. 2007. Oferta de forragem como condicionadora da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: Dall’Agnol, M.; Nabinger, C.; Sant’Anna, D.; Santos, R. J. eds. Sustentabilidade produtiva do Bioma Pampa. Porto Alegre, Metrópole. pp. 23-60.
46. _____.; Nabinger, C.; Poli, C. H. E. C.; Anghinoni, I.; Genro, T. C. M. 2010. The forage process: causes and consequences as a tool to make functional assessments of pastoral ecosystems. In: Machado, C.; Wade, M.; Da Silva, S. C.; Agnusdei, M.; de Faccio Carvalho, P.; Morris, S.; Beskow, W. eds. An overview of research on pastoral-based systems in the southern part of South America. Tandil, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. pp.138- 154.
47. Casalás, F.; Caram, N.; García, J.; Zanoniani, R.; Duhalde, M., Silveira, M.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Respuesta en desempeño animal al mejoramiento y fertilización de campo natural. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos (24^a., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 131-133.
48. Celebi, S.; Arvas, O.; Terzioglu, O. 2011. The effects of nitrogen and phosphorus fertilizer application on herbage yield of natural pastures. *Pakistan Journal of Biological Science*. 14 (1):53-58.
49. Chaneton, E. J.; Perelman, S. B.; Omacini, M.; Leon, R. J. 2002. Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands. *Biological Invasions*. 4:7-24.
50. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants AF plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Keeling and Mundy. pp. 95-104.
51. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Lavrebeux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
52. Correa, F.; Alvim Silva, L. 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).
53. Crempien, C. 1995. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos; bovinos de carne y ovinos. 2^{a.} ed. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 72 p.
 54. De Brum, E. 2004. Descripción de mejoramientos de campo con trébol blanco (*Trifolium repens*) y lotus (*Lotus corniculatus*) en el departamento de Artigas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 134 p.
 55. Duhalde, M.; Silveira, M. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada y mejoramiento de campo natural sobre la productividad invierno-primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 176 p.
 56. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-64.
 57. Federico, J.; Hiteguy, E.; Mussio, P. 1993. Evaluación de un sistema de pastoreo sobre pasturas de Cretásico. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 204 p.
 58. Flores, E. R.; Provenza, F. D.; Balph, D. F. 1989a. The effects of experience on the foraging skill of lambs: Importance of plant form. *Applied Animal Behaviour Science*. 23:285-291.
 59. _____; _____; _____. 1989b. Relation between plant maturity and foraging experience of lambs grazing Hycrest Crested Wheatgrass. *Applied Animal Behaviour Science*. 23:279-284.
 60. 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 Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (22^{a.}, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 191-192.

61. Formoso, D.; Gaggero, C. 1990. Efecto del sistema de pastoreo y la relación ovino/ vacuno sobre la producción de forraje y la vegetación del campo nativo. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 299-310.
62. Formoso, F. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
63. Frame, J. 1992. Improved Grassland Management: Methods and Systems of Grazing. Ipswich, UK, Farming Press. 351 p.
64. Gallinal, J.; Bergalli, L.; Campal, E.; Aragone, L.; Rosengurt, B. 1938. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay; primera contribución. Montevideo, Imprenta Germano Uruguaya. 208 p.
65. Garín, D.; Machado, A.; Rinaldi, C. 1993. Performance de novillos holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural con *Lotus corniculatus* en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 59 p.
66. Gianluppi, G.; Gonzales, G.; Evangelista, G.; Da Trindade, J.; Frizzo, A.; Carvalho, P. 2002. Efeito residual da adubacao nitrogenada em um campo nativo. In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (19ª., 2002, Corrientes). Trabajos presentados. Corrientes, Gráfica Payubre. p. 217.
67. Gonçalves, E. 2007. Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem natural da depressão central do Rio Grande do Sul. Tesis PhD. Porto Alegre, RS, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 128 p.
68. Gonzales, A.; Queheille, F.; García, A.; Boggiano, P.; Zanonian, R.; Cadenazzi, M. 2004. Efecto de la oferta de forraje y fertilización nitrogenada sobre la densidad invernal de macollas por planta de *Stipa setigera* Spreng. en un campo natural del Uruguay. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área

Tropical y Subtropical, Grupo Campos (20^{a.}, 2004, Salto).
Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp.
266-267.

69. 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
70. 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 de Grupo Técnico en Forrajeas de Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (22^{a.}, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. pp. 141-142.
71. Harris, W. 1978. Defoliation on as a determinant of the growth persistence of pasture. In: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
72. Hodgson, J.; Taylor, J.; Lonsdale, R. 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of claves. *Journal of British Grassland Society*. 26 (4):231-238.
73. Høglund, O. K.; Miller, H. W.; Hafenrichter, A. L. 1952. Application of fertilizers to aid conservation on annual forage range. *Journal of Range Management*. 5 (2):55-61.
74. Jaurena, M.; Mayans, M.; Punschke, K.; Reyno, R.; Millot, J. C.; Labandera, C. 2005. Diversidad simbiótica en leguminosas forrajeras nativas: aportes para el mejoramiento sustentable del campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 9-14 (Serie Técnica no. 151).
75. Larratea, F.; Soutto, J. P. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 141 p.

76. Lemaire, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: Simposio Internacional Sobre Produção Animal em Pastejo (1997, Brasil). Trabalhos apresentados. Vicosa, MG, BR, Universidade Federal Vicosa. Departamento de Zootecnia. pp. 116- 141.
77. Lorenz, R. J.; Rogler, A. G. 1973. Growth rate of mixed prairie in response to nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Range Management*. 26 (5):365-368.
78. Maraschin, E. G.; Mott, G. 1989. Resposta de uma complexa mistura de pastagem tropical a diferentes sistemas de pastejo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 24(2):221-227.
79. _____.; Almeida, E.; Harthmann, O. 1997. Pasture dynamics of Mottdwarf elephant grass as related to animal performance. In: International Grassland Congress (18th., 1997, Saskatchewan). Proceedings. Saskatchewan, Canada, s.e. pp. 25-26.
80. _____. 2001. Production potential of South American grassland. In: International Grassland Congress (19th., 2001, São Pedro, SP, Brasil). Proceedings. São Pedro, s.e. pp. 1-33.
81. 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, Grupo Campos (21^a., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, s.e. s.p.
82. _____.; Nabinger, C.; Bremm, C.; Kuhn da Trindade, J.; Fonseca Do Amaral, M.; Fonseca, L.; Carvalho, P. 2008. Filocrono de *Paspalum notatum* em funcao de diferentes ofertas de forragem em pastagem natural do sul do Brasil. In: Reunión el Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Campos (22^a., 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Montevideo, INIA. pp. 195-196.
83. Millot, J.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.

84. _____. 1991. Manejo del pastoreo y su incidencia sobre la composición botánica y productividad del campo natural. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 68-70 (Serie Técnica no.13).
85. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario 2011: resultados definitivos. Montevideo. 142 p.
86. Montossi, F.; Risso, D. F.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 93-106 (Serie Técnica no. 80).
87. _____.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Berretta, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo, Uruguay, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113).
88. Mott, G. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grasslands Congress (8th., 1960, Berkshire, England). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 606-611.
89. Nabinger, C. 1996. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. In: Reunião do Grupo Técnico em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical de Cone Sul, Grupo Campos (16^a., 1996, Porto Alegre). Anais. Porto Alegre, FAO. pp. 17-62.
90. _____.; Dall'agnol, M. E.; De Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: Nabinger, C., ed. Manejo conservacionista de pastagens: um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, Brasil, s.e. s.p.
91. _____.; De Faccio Carvalho, P. 2009. Ecofisiología de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su Sustentabilidad. Agrociencia (Uruguay). 13 (3):18-27
92. _____.; _____.; Cassiano, E.; Mezzalira, J. C.; Martins Brambilla, D.; Boggiano, P. 2011. Servicios ecosistémicos de las

praderas naturales: ¿es posible mejorarlos con más productividad? Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 19 (3-4):27-34.

93. Neves, F.; De Faccio Carvalho, P.; Nabinger, C.; Carassai, I. J.; Teixeira, D.; Velasquez, G. 2009. Caracterização da estrutura da vegetação numa pastagem natural do Bioma Pampa submetida a diferentes estratégias de manejo da oferta de forragem. (en línea). Revista Brasileira de Zootecnia. 38 (9):1685-1694. Consultado 16 may. 2020. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009000900007&lng=pt&tlng=pt
94. Newman, J. A.; Parson, A. J.; Harvey, A. 1992. Nota II sheep prefer clover: diet selection revisited. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 119:275-283.
95. _____; Penning, P. D.; Parson, A. J.; Harvey, A.; Orr, R. J. 1994. Fasting affects intake behaviour and diet preferences of grazing sheep. Animal Behaviour. 47:185-193.
96. Olmos, F. 1990a. Caracterización de comunidades naturales en la región Noreste. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 3-10.
97. _____; Gordon, M. 1990b. Relevamiento fitoecológico en el noreste uruguayo, In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 35-48.
98. _____. 1992. Aportes para el manejo de campo natural; efecto de la carga animal y el período de descanso en la producción y evolución de un campo natural de Caraguatá (Tacuarembó). Montevideo, INIA. 40 p. (Serie Técnica no. 20).
99. Pallarés, O.; Pizzio, R. 1994. Introducción de especies para el mejoramiento del Campo Natural en el Sur de Corrientes – Argentina. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14ª., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 31-38 (Serie Técnica no. 94).

100. 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.
101. 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).
102. Pinto, C. E.; Carvalho, P. C. F.; Frizzo, A.; Fontoura Júnior, J. A. S.; Nabinger, C.; Rocha, R. 2007. Comportamento ingestivo de novilhos em pastagem nativa no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Zootecnia. 36 (2):319-327.
103. 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.
104. Pizzio, R.; Pallares, O. 1994. Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad. Efecto de la carga animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14ª., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 133-140 (Serie Técnica no. 94).
105. Ríos, A. 1996. El uso y manejo de los suelos y la evolución florística de los agroecosistemas. In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. pp. 95-100 (Serie Técnica no. 76).
106. Risso, F.; Berretta, E.; Levratto, J.; Zamit, W. 1998a. Intensificación del engorde en la región basáltica: efecto de la fertilización NxP y la carga Animal, sobre la productividad de una pastura nativa. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 175-182 (Serie Técnica no. 102).
107. _____. 1998b. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y

Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (14°. , 1998, Salto). Anales. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 23-30 (Serie Técnica no. 94).

108. _____.; Berretta, A.; 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).
109. Rodríguez, C.; Leoni, E.; Leazma, F.; Altesor, A. 2003. Temporal trends in species composition and plant traits in natural grasslands of Uruguay. *Journal of Vegetation Science*.14 (3):433- 440.
110. Rodríguez Palma, R.; Saldanha, S.; Andión, J.; Vergnes, P. 2004. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto: producción de forraje. In: Reunión del Grupo Técnico del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (20^a. , 2004, Salto). sustentabilidad, desarrollo y conservación de ecosistemas. Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 298-299.
111. _____.; Rodríguez, T.; Andión, J.; Vergnes, P. 2009. Respuesta en producción animal a la fertilización de campo natural. (en línea). In: Seminario Producción Animal; Limpia, Verde y Ética (1°. , 2009, Tacuarembó). Trabajos presentados. Agrociencia (Uruguay). 13 (3):87. Consultado 22 may. 2020. Disponible en <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/854>
112. _____.; _____. 2010. Fertilización de campo natural: producción animal. (en línea). In: Congreso Asociación Uruguaya de Producción Anual (3°. , 2010, Montevideo). Trabajos presentados. Agrociencia (Uruguay). 14 (3):134. Consultado 28 may. 2020. Disponible en <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/787>

113. _____.; _____. 2017. Fertilización de campo natural: respuesta en producción animal. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos (24^a., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 129-131.
114. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 86 p.
115. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 288 p.
116. Sala, O. E.; Oestenheld M.; Leon, R. J.; Soriano, A. 1986. Grazing effects upon plant community structure in subhumid grasslands of Argentina. *Vegetation*. 67:27-32
117. _____. 1988. The effect of herbivory on vegetation structure. In: Werger, M. J.; Van der Art, P. J.; During, H. J.; Verhoeven, J. T. eds. Plant form and vegetation structure. The Hague, Academic Publishing. pp. 317-330.
118. Saldanha, S. 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de Basalto y suelos arenosos del Cretácico: frecuencia de las defoliaciones. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 75-84 (Serie Técnica no. 151).
119. Sevrini, M.; Zanoniani, M. 2010. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Bromus auleticus Trinus* en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 98 p.
120. Simeone, A.; Berretta, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 118 p.
121. Simpson, R. J.; Culvenor, R. A. 1997. Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. In: Wheeler, J. L.; Pearson, C. J.; Robards, G. E. eds. Temperate pastures: their production, use and management. East Melbourne, CSIRO. pp. 103-118.

122. Soares, A. 2002. Efeito da alteração da oferta de materia seca de uma pastagem natural sobre a produção animal e a dinâmica da vegetação. Thesis PhD. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. s.p.
123. _____. 2005. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciência Rural* (Santa Maria). 35 (5):1148-1154.
124. Soca, P.; Rinaldi, C.; Espasandín, A. 1998. Presiones de pastoreo, reducción del área pastoreada y comportamiento animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1998, Salto). *Anales. Montevideo, Uruguay, INIA*. pp. 157-162 (Serie Técnica no. 94).
125. 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).
126. Zanoniani, R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y de la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 63 p.
127. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 15 (1):115-124. Consultado 17 may. 2020. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/101>

9. ANEXOS

Anexo 1. Caracterización pluviométrica para el período 2002-2018-
Estación experimental EEMAC

	PP (mm)	Desvío estándar (mm)	Coef. de variación (%)
Enero	134,8	86,5	64
Febrero	204,5	184,8	90
Marzo	145,4	93,3	64
Abril	162,2	166,1	102
Mayo	115,7	81,1	70
Junio	51,7	45,7	89
Julio	69,0	45,4	66
Agosto	108,4	103,0	95
Setiembre	103,5	52,2	50
Octubre	136,0	85,8	63
Noviembre	130,5	92,9	71
Diciembre	145,3	116,5	80
Anual	1506,8	96,1	6

Anexo 2. Balance hídrico calculado para 86 mm de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo cada 10 días

Localidad: Paysandú

Año: 2018-2019

Lámina: 86 mm

Suelo: Brunosol Éútrico Típico

		Precip. (mm)	ETP. (mm)	P-ETP. (mm)	Alm. (mm)	Var. alm. (mm)	ETR (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
ENERO	1er. dec.	231,6	28,3	203,3	86,0	0,0	28,3	0,0	203,3
	2da. dec.	164,2	28,6	135,6	86,0	0,0	28,6	0,0	135,6
	3er. dec.	100,8	34,3	66,5	86,0	0,0	34,3	0,0	66,5
FEBRERO	1er. dec.	2,8	39,6	-36,8	56,1	-29,9	32,7	6,9	0,0
	2da. dec.	9,4	38,3	-28,9	40,1	-16,0	25,4	12,9	0,0
	3er. dec.	92,4	24,8	67,6	86,0	45,9	24,8	0,0	21,6
MARZO	1er. dec.	19,6	31,4	-11,8	75,0	-11,0	30,6	0,8	0,0
	2da. dec.	48,4	17,1	31,3	86,0	11,0	17,1	0,0	20,3
	3er. dec.	1	31,1	-30,1	60,6	-25,4	26,4	4,7	0,0
ABRIL	1er. dec.	4,4	27,2	-22,8	46,5	-14,1	18,5	8,7	0,0
	2da. dec.	19,2	20,8	-1,6	45,6	-0,9	20,1	0,7	0,0
	3er. dec.	43,8	13,3	30,5	76,1	30,5	13,3	0,0	0,0
MAYO	1er. dec.	85,2	15,2	70,0	86,0	9,9	15,2	0,0	60,2
	2da. dec.	12,6	17,6	-5,0	81,2	-4,8	17,4	0,1	0,0
	3er. dec.	1,8	12,6	-10,8	71,6	-9,6	11,4	1,2	0,0
JUNIO	1er. dec.	7,6	15,6	-8,0	65,3	-6,4	14,0	1,6	0,0
	2da. dec.	186,4	7,0	179,4	86,0	20,7	7,0	0,0	158,7
	3er. dec.	8,4	10,4	-2,0	84,0	-2,0	10,4	0,0	0,0

JULIO	1er. dec.	0,4	15,5	-15,1	70,5	-13,5	13,9	1,6	0,0
	2da. dec.	4,8	17,3	-12,5	61,0	-9,5	14,3	3,0	0,0
	3er. dec.	23	15,5	7,5	68,5	7,5	15,5	0,0	0,0
AGOSTO	1er. dec.	61,4	16,6	44,8	86,0	17,5	16,6	0,0	27,3
	2da. dec.	0,8	18,7	-17,9	69,8	-16,2	17,0	1,7	0,0
	3er. dec.	42,2	21,1	21,1	86,0	16,2	21,1	0,0	5,0
SETIEMBRE	1er. dec.	36,8	28,0	8,8	86,0	0,0	28,0	0,0	8,8
	2da. dec.	31,4	24,6	6,8	86,0	0,0	24,6	0,0	6,8
	3er. dec.	1,8	35,0	-33,2	58,5	-27,5	29,3	5,7	0,0
OCTUBRE	1er. dec.	53,2	24,4	28,8	86,0	27,5	24,4	0,0	1,3
	2da. dec.	100,4	20,7	79,7	86,0	0,0	20,7	0,0	79,7
	3er. dec.	52,2	31,4	20,8	86,0	0,0	31,4	0,0	20,8
NOVIEMBRE	1er. dec.	47,8	33,9	13,9	86,0	0,0	33,9	0,0	13,9
	2da. dec.	0,2	44,5	-44,3	51,4	-34,6	34,8	9,7	0,0
	3er. dec.	50,6	43,3	7,3	58,7	7,3	43,3	0,0	0,0
DICIEMBRE	1er. dec.	2,4	47,2	-44,8	34,9	-23,8	26,2	21,0	0,0
	2da. dec.	128,8	45,5	83,3	86,0	51,1	45,5	0,0	32,1
	3er. dec.	59	47,0	12,0	86,0	0,0	47,0	0,0	12,0
TOTALES		1736,8	943,1	793,7	2637,2	0,0	862,8	80,2	874,0

Anexo 3. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria total en el experimento 1

		ProdT MS acumulada
CV (%)		16,25
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados
Modelo	6	72983004,38
Tratamiento	3	7906519,69
Bloque	3	65076484,69
Error	9	4982265,56
Total	15	77965269,94

Anexo 4. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria promedio en el experimento 1

		TC	MSdes	Des (%)
CV (%)		44,97	43,81	38,36
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados		
Modelo	23	10391	31167568	12625
Tratamiento	3	668	1563254	915
Período	2	3477	1397243	274
Bloque	3	5305	24118423	10198
Trat. *período	6	504	1834003	534
Error	24	2749	11182297	8852
Total	47	13139	42349865	21477

Anexo 5. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria promedio en el experimento 1

		Disp	AltD	Rem	AltR	MSdes
CV (%)		19,90	15,89	30,94	13,85	43,81
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados				
Modelo	23	30669719	1506	5995353	214	31167568
Tratamiento	3	1469598	99	212963	3	1563254
Período	2	8347387	1182	2996645	166	1397243
Bloque	3	15351791	27	2475436	16	24118423
Trat.*período	6	2609191	88	153614	12	1834003
Error	24	7866290	194	4004012	50	11182297
Total	47	38536009	1700	9999365	264	42349865

Anexo 6. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para los efectos analizados en las variables de producción total de MS, TC y MSdes en el experimento 1

		ProdT MS	TC	MSdes
Efecto trat.	p-valor	0,0297	0,0326	0,1732
	DMS 10%	1399,2	7,6	543,4
	τ_{CN}	3486,3 B	18,2	1349,58 A
	τ_{CNm}	5352,8 A	28,2	1831,00 A
	$\tau_{60 N}$	4996,0 A	25,9	1597,25 A
	$\tau_{120 N}$	4479,3 AB	23,0	1454,25 A
Efecto período	p-valor	<0,0001	0,0001	0,2434
	DMS 10%	487,9	8,2	520,0
	$\gamma_{invierno}$	1049,19 B	17,3	1466,50 A
	$\gamma_{inv.-prim.}$	1233,38 B	18,27	1410,44 A
	$\gamma_{primavera}$	2296,13 A	35,82	1797,13 A
Efecto trat.* período	p-valor	0,5702	0,6273	0,6852
	DMS 10%	1455	24,8	1579,6
	$t\gamma_{CN*invierno}$	792,0B	13,0B	1463,3A
	$t\gamma_{CNm*invierno}$	1571,8AB	26,5AB	1966,0A
	$t\gamma_{60 N*invierno}$	1097,8B	17,9AB	1463,3A
	$t\gamma_{120 N*invierno}$	735,3B	11,9B	1076,3A
	$t\gamma_{CN*inv.-prim.}$	739,75 B	11,0B	987,8A
	$t\gamma_{CNm*inv.-prim.}$	1218,3AB	18,1AB	1477,3A
	$t\gamma_{60 N*inv.-prim.}$	1345,3AB	19,9AB	1483,5A
	$t\gamma_{120 N*inv.-prim.}$	1630,3AB	24,1AB	1693,3A
	$t\gamma_{CN*primavera}$	1954,8AB	30,6AB	1597,8A
	$t\gamma_{CNm*primavera}$	2562,8A	39,9A	2049,8A
	$t\gamma_{60 N*primavera}$	2553,0A	39,9A	1947,8A
	$t\gamma_{120 N*primavera}$	2114,0AB	32,9AB	1593,3A

Anexo 7. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para los tres efectos analizados en las variables de producción primaria promedio en el experimento 1

		MSD	AltD	MSR	AltR	Des (%)
Efecto trat.	p-valor	0,2738	0,1078	0,0439	0,6728	0,0488
	DMS 10%	615,44	3,8	143,3	1,6	14,6
	τ_{CN}	2605,42 A	15,6 A	1257,5 B	10,30 A	46,3 B
	τ_{CNm}	3086,25 A	17,9 A	1257,3 B	10,10 A	57,3 A
	$\tau_{60 N}$	2946,58 A	19,0 A	1351,2 AB	10,38 A	49,7 AB
	$\tau_{120 N}$	2867,92 A	19,1 A	1414,5 A	10,82 A	47,0 B
Efecto período	p-valor	0,0002	<0,0001	0,0012	<0,0001	0,6935
	DMS 10%	436,12	2,2	311,2	1,1	14,6
	$\gamma_{invierno}$	2706,19 B	14,3 B	1239,6 B	10,14 B	48,3 A
	$\gamma_{inv.-prim.}$	2472,75 B	14,5 B	1062,4 B	8,27 C	53,4 A
	$\gamma_{primavera}$	3450,69 A	24,9 A	1658,3 A	12,79 A	48,4 A
	p-valor	0,2838	0,1389	0,9865	0,4922	0,9582
DMS 10%	1324,86	6,6	945,2	3,3	44,4	
Efecto trat.* período	$t\gamma_{CN*invierno}$	2723,0ABC	13,98 CD	1259,75 A	10,43 ABC	47,6 A
	$t\gamma_{CNm*invierno}$	3196,2ABC	14,48 CD	1230,00 A	10,18 ABC	60,8 A
	$t\gamma_{60 N*invierno}$	2577,3ABC	14,78 CD	1217,00 A	9,50 BC	46,2 A
	$t\gamma_{120 N*invierno}$	2328,3BC	13,98 CD	1251,75 A	10,45 ABC	38,8 A
	$t\gamma_{CN*inv.-prim.}$	1999,5C	12,20 D	1011,75 A	7,48 C	47,5 A
	$t\gamma_{CNm*inv.-prim.}$	2448,0ABC	15,20 CD	971,00 A	7,33 C	58,5 A
	$t\gamma_{60 N*inv.-prim.}$	2561,8ABC	13,90 CD	1078,25 A	9,08 C	52,6 A
	$t\gamma_{120 N*inv.-prim.}$	2881,8ABC	16,65 CD	1188,5 A	9,20 C	55,2 A
	$t\gamma_{CN*prim.}$	3093,8ABC	20,48 BC	1501,00 A	13,00 A	43,7 A
	$t\gamma_{CNm*prim.}$	33614,5AB	24,08 AB	1570,75 A	12,80 AB	52,6 A
	$t\gamma_{60 N*prim.}$	3700,8 A	28,33 A	1758,25 A	12,58 AB	50,3 A
	$t\gamma_{120 N*prim.}$	3393,8AB	26,80 AB	1803,28A	12,80 AB	47,0 A

Anexo 8. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de la variable es producción total de materia seca acumulada para el experimento 1

	g.l.		ProdT MS
Contraste 1	1	S.C. p-valor Diferencia	6363448,52 0,008 -1456,42
Contraste 2	1	S.C. p-valor Diferencia	1009010,04 0,21 615,13
Contraste 3	1	S.C. p-valor Diferencia	534061,13 0,3517 516,75
Total	3	S.C.	7906519,69

Anexo 9. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción primaria promedio del experimento 1

	g.l.		TC	MSD	AltD	MSR	AltR	MSdes	Des (%)
Cont. 1	1	S.C.	505,5	1176140,3	88,52	62712,68	0,16	695139,06	229,02
		p-valor	0,0103	0,0880	0,0247	0,0902	0,7875	0,1301	0,1212
		Dif.	-7,49	-361,5	-3,14	-83,48	-0,13	-277,92	-5,04
Cont. 2	1	S.C.	111,5	256328,0	10,66	126177,76	1,99	745420,5	642,01
		p-valor	0,1637	0,3950	0,3748	0,0247	0,3506	0,1186	0,0186
		Dif.	3,73	179,0	-1,15	-125,59	-0,5	305,25	8,96
Cont. 3	1	S.C.	51,04	37130,7	0,12	24073	1,12	122694	44,28
		p-valor	0,3316	0,7417	0,9231	0,2698	0,4797	0,5017	0,471
		Dif.	2,92	78,67	-0,14	-63,34	-0,43	143	2,72
Total	3	S.C.	668,04	1469598,9	99,29	212963,44	3,27	1563253	915,31

Anexo 10. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para el efecto tratamiento analizados en las variables de producción primaria promedio en el experimento 1 para el período de invierno

Inv.	ProdTMS	TC	MSD	AltD	MSR	AltR	MSDes.	Des (%)
p-valor	0,1753	0,1728	0,418	0,815	0,939	0,5661	0,3616	0,196
DMS _{10%}	1002,59	17,4	1341,85	2,65	204,4	1,966	1270	24,91
τ_{CN}	792,0 A	12,98 A	2723 A	14 A	1260 A	10,4 A	1463,3 A	47,6 A
τ_{CNm}	1571,75 A	26,53 A	3196,3 A	14,5A	1230 A	10,2 A	1966 A	60,8 A
$\tau_{60 N}$	1097,75 A	17,85 A	2577,3 A	14,8 A	1217 A	9,5 A	1360,5 A	46,15 A
$\tau_{120 N}$	735.25 A	11,85 A	2328,3 A	14 A	1252 A	10,5 A	1076,3 A	38,75 A

Anexo 11. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de la variables de producción primaria para el experimento 1 para el período de invierno

	g.l.	Inv.	ProdTMS	TC	MSD	AltD	MSR	AltR	MSDes	Des (%)
Cont . 1	1	S.C.	352775	99,76	1507,5	0,56	2160	0,44	56,33	2,85
		p-valor	0,294	0,308	0,9578	0,607	0,678	0,541	0,9914	0,9014
		Diferencia	-342,9	-5,77	22,42	-0,43	26,83	0,38	-4,33	-0,97
Cont . 2	1	S.C.	1144940	363,48	1474112	0,03	51,04	0,11	1490515	900,38
		p-valor	0,0757	0,0695	0,1230	0,910	0,949	0,762	0,1041	0,0498
		Diferencia	655,25	11,68	743,5	0,10	-4,38	0,20	747,6	18,38
Cont . 3	1	S.C.	262812	72	124002	1,28	2415,13	1,81	161596	109,52
		p-valor	0,3614	0,3831	0,6335	0,443	0,6619	0,231	0,5664	0,4499
		Diferencia	362,5	6	249,0	0,80	-34,75	-0,95	284,3	7,40
Total	3	S.C.	1760528	535,25	1599622	1,87	4626,25	2,35	1652167	1012,7

Anexo 12. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para el efecto tratamiento analizados en las variables de producción primaria promedio en el experimento 1 para el período de invierno- primavera

Inv.- prim.	ProdTMS	TC	MSD	AltD	MSR	AltR	MSDes.	Des (%)
p-valor	0,0185	0,0186	0,0314	0,0289	0,1577	0,2812	0,0886	0,0877
DMS _{10%}	586,98	8,69	636,2	3,24	240,89	3,09	651,15	10,03
τ_{CN}	739,75 B	10,95 B	1999,5 B	12,2 B	1011,8 A	7,5 A	987,8 B	47,5 B
τ_{CNm}	1218,25 AB	18,05 AB	2448 AB	15,2 AB	971,0 A	7,3 A	1477,3 AB	58,45 A
$\tau_{60 N}$	1345,25 A	19,95 A	2561,8 AB	13,9 AB	1078,3 A	9,1 A	1483,5 AB	52,63 AB
$\tau_{120 N}$	1630,25 A	24,13 A	2881,8 A	16,7A	1188,5 A	9,2 A	1693,3 A	55,18 AB

Anexo 13. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de la variables de producción primaria para el experimento 1 para el período de invierno-primavera

	g.l.	Inv.- prim.	ProdTMS	TC	MSD	AltD	MSR	AltR	MSDes	Des (%)
Cont. 1	1	S.C.	1299550	285,7	1194483	29,91	13668,8	3,35	952878,5	188,02
		p-valor	0,0053	0,0053	0,0103	0,0136	0,3852	0,294	0,0201	0,0302
		Diferencia	-658,17	-9,76	-631	-3,05	-67,5	-1,06	-563,6	-7,92
Cont. 2	1	S.C.	193680	42,4	199837,5	0,01	70308,4	8,74	32930	55,21
		p-valor	0,1922	0,1926	0,2190	0,945	0,0684	0,1058	0,6129	0,1972
		Diferencia	-269,5	-3,99	-273,8	-0,07	-162,38	-1,81	-111,13	4,55
Cont. 3	1	S.C.	162450	34,86	204800	15,13	24310,13	0,03	87990,1	13,01
		p-valor	0,2288	0,2335	0,2138	0,0509	0,2545	0,9201	0,4138	0,5161
		Diferencia	-285	-4,18	-320	-2,75	-110,25	-0,12	-209,75	-2,55
Total	3	S.C.	1655680	362,94	1599120	43,05	108287,3	12,11	1073798	256,23

Anexo 14. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para el efecto tratamiento analizados en las variables de producción primaria promedio en el experimento 1 para el período de primavera

Primavera	ProdTMS	TC	MSD	AltD	MSR	AltR	MSDes.	Des (%)
p-valor	0,0742	0,0816	0,1301	0,1649	0,109	0,9640	0,2694	0,2134
DMS _{10%}	645,47	10,20	650,46	8,85	333,32	2,18	715,99	4,48
τ_{CN}	1954,8 A	30,6 A	3093 A	20,5 A	1501 A	13 A	1597,8 A	8,98 A
τ_{CNm}	2562,8 A	39,9 A	3614,5 A	24,1 A	1570,8 A	12,8 A	2049,8 A	5,60 A
$\tau_{60 N}$	2553,0 A	39,9 A	3700,8 A	28,3 A	1758,3 A	12,6 A	1947,8 A	5,93 A
$\tau_{120 N}$	2114,0 A	32,9 A	3393,8 A	26,8 A	1803,3 A	12,8 A	1593,3 A	5,78 A

Anexo 15. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de la variables de producción primaria para el experimento 1 para el período de primavera

	g.l.	Prim.	ProdTMS	TC	MSD	AltD	MSR	AltR	MSdes	Des (%)
Cont. 1	1	S.C.	621530	145,26	679490	105,32	131995	0,23	212002	30,9
		p-valor	0,0472	0,0534	0,0410	0,0571	0,0706	0,6913	0,2573	0,0448
		Diferencia	-455,17	-6,96	-475,9	-5,93	-209,76	0,28	-265,8	3,21
Cont. 2	1	S.C.	140148	32,90	12060	32,43	117614	0,03	207948	0,17
		p-valor	0,3037	0,3179	0,7581	0,257	0,0850	0,877	0,2616	0,8679
		Diferencia	229,25	3,51	67,25	-3,49	-210	0,11	279,25	-0,25
Cont. 3	1	S.C.	385442	95,91	188498	4,65	4054,5	0,10	251340	0,04
		p-valor	0,1039	0,1045	0,2410	0,657	0,7277	0,790	0,2205	0,9311
		Diferencia	439	6,93	307	1,53	-45	-0,23	354,5	0,15
Total	3	S.C.	1147120	274,07	880048	142,4	253664	0,36	671290,7	31,09

Anexo 16. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de OF y GMD del experimento 1 para el total del experimento

	OF		GMD	
CV (%)	34,47		107,7	
F.V.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Modelo	23	86,12	29	45,64
Tratamiento	3	8,2	3	2,05
Bloque	3	5,39	3	0,04
Período	2	25,002	2	26,37
Trat.*período	6	28,99	6	6,72
PV inicial			1	2,47
Error	24	87,85	150	23,12
Total	47	173,96	179	68,76

Anexo 17. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para los tres efectos analizados en las variables de de producción secundaria, OF y GMD para el total de período del experimento 1

		OF	GMD
Efecto tratamiento	p-valor	0,3247	0,1395
	DMS 10%	1,55736	0,34512
	τ_{CN}	6,18A	0,11C
	τ_{CNm}	5,03A	0,39BC
	$\tau_{60 N}$	5,52A	0,74AB
	$\tau_{120 N}$	5,48A	0,68A
Efecto período	p-valor	0,0494	<0,0001
	DMS 10%	1,45741	0,15051
	$\gamma_{invierno}$	4,98B	-0,1B
	$\gamma_{inv.-prim.}$	5,10B	0,84A
	$\gamma_{primavera}$	6,57A	0,76A
Efecto trat.* período	p-valor	0,2866	<0,0001
	DMS 10%	4,42737	0,50817
	$t\gamma_{CN*invierno}$	5,0AB	-0,59G
	$t\gamma_{CNm*invierno}$	5,03AB	-0,26FG
	$t\gamma_{60 N*invierno}$	5,13AB	0,13E
	$t\gamma_{120 N*invierno}$	4,78AB	0,31CDE
	$t\gamma_{CN*inv.-prim.}$	4,58AB	0,28DE
	$t\gamma_{CNm*inv.-prim.}$	4,45B	0,79ABC
	$t\gamma_{60 N*inv.-prim.}$	5,50AB	1,18 A
	$t\gamma_{120 N*inv.-prim.}$	5,88AB	1,11 A
	$t\gamma_{CN*primavera}$	8,98A	0,81ABC
	$t\gamma_{CNm*primavera}$	5,60AB	0,72ABCD
	$t\gamma_{60 N*primavera}$	5,93AB	0,96AB
	$t\gamma_{120 N*primavera}$	5,78AB	0,58BCDE

Anexo 18. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción secundaria, OF y GMD para el total de período del experimento 1

	g.l.		OF	GMD
Contraste 1	1	S.C.	6,42	3,67
		p-valor	0,1112	0,0061
		Diferencia	0,84	-0,49
Contraste 2	1	S.C.	1,77	2,33
		p-valor	0,3774	0,0196
		Diferencia	-0,47	-0,32
Contraste 3	1	S.C.	0,01	0,04
		p-valor	0,9448	0,7143
		Diferencia	0,04	0,06
Total	3	S.C.	8,2	4,16

Anexo 19. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para los tres efectos analizados en las variables de de producción secundaria, OF y GMD para cada período del experimento 1

		OF	GMD
Período invierno	p-valor	0,9785	0,0001
	DMS _{10%}	2,22	0,43715
	τ_{CN}	5,00 A	-0,44 C
	τ_{CNm}	5,03 A	-0,08 BC
	$\tau_{60 N}$	5,13 A	0,26 AB
	$\tau_{120 N}$	4,78 A	0,47 A
Período inv.- prim.	p-valor	0,0049	0,0169
	DMS _{10%}	0,8865	0,374
	τ_{CN}	4,58 B	0,44 B
	τ_{CNm}	4,45 B	0,83 A
	$\tau_{60 N}$	5,50 A	1,10 A
	$\tau_{120 N}$	5,88 A	0,97 A
Período primavera	p-valor	0,2134	0,1531
	DMS _{10%}	4,485	0,400
	τ_{CN}	8,98 A	0,36 B
	τ_{CNm}	5,60 A	0,49 AB
	$\tau_{60 N}$	5,93 A	0,89 A
	$\tau_{120 N}$	5,78 A	0,52 AB

Anexo 20. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción secundaria, OF y GMD para el período de invierno para el experimento 1

Inv.	g.l.		OF	GMD
Contraste 1	1	S.C.	1,9 E-03	5,22
		p-valor	0,9717	<0,0001
		Diferencia	0,03	-0,66
Contraste 2	1	S.C.	0,02	2,55
		p-valor	0,920	0,0022
		Diferencia	0,08	-0,45
Contraste 3	1	S.C.	0,25	0,22
		p-valor	0,6860	0,3523
		Diferencia	0,35	-0,21
Total	3	S.C.	0,26	6,29

Anexo 21. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción secundaria, OF y GMD para el período de invierno-primavera para el experimento 1

Inv.- prim.	g.l.		OF	GMD
Contraste 1	1	S.C.	1,47	1,47
		p-valor	0,0301	0,0025
		Diferencia	-0,70	-0,52
Contraste 2	1	S.C.	4,08	0,32
		p-valor	0,0020	0,1428
		Diferencia	-1,24	-0,21
Contraste 3	1	S.C.	0,28	0,06
		p-valor	0,2897	0,5231
		Diferencia	-0,38	0,12
Total	3	S.C.	5,84	1,63

Anexo 22. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción secundaria, OF y GMD para el período de primavera para el experimento 1

Inv.- prim.	g.l.		OF	GMD
Contraste 1	1	S.C.	30,88	0,20
		p-valor	0,0448	0,2145
		Diferencia	3,21	-0,28
Contraste 2	1	S.C.	0,17	0,23
		p-valor	0,8679	0,1789
		Diferencia	-0,25	-0,21
Contraste 3	1	S.C.	0,04	0,41
		p-valor	0,9311	0,0771
		Diferencia	0,15	0,37
Total	3	S.C.	31,09	0,691,47

Anexo 23. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria total en el experimento 2

		ProdT MS acumulada
CV (%)		23,86
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados
Modelo	6	33889653
Tratamiento N	1	357604
Tratamiento H	1	10797796
Bloque	3	20478249
Trat. N* trat. H	1	2256004
Error	9	13293111
Total	15	47182763

Anexo 24. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para las variables de producción total de MS, TC y MSdes del experimento 2

		TC	MS Des
CV (%)		48,45	49,93
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados	
Modelo	11	30156584	8562
Tratamiento N	1	138890	19
Período	2	16836057	6554
Trat. N*período	2	311442	225
Error	36	27561827	5552
Total	47	57718411	14114

Anexo 25. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para las variables de producción primaria promedio del experimento 2

		Disp	AltD	Rem	AltR	Des (%)
CV (%)		21,76	26,36	31,17	24,78	39,51
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados				
Modelo	11	25919131	2084	4242606	119	5824
Tratamiento N	1	169932	16	118008	0	73
Período	2	20670474	1975	1724107	48	1937
Trat. N*período	2	74041	1,65	474929	5	60
Error	36	11075432	973	5578186	213	16738
Total	47	36994563	3058	9820792	331	22562

Anexo 26. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para los tres efectos analizados en las variables de de producción total de MS, TC y MSdes del experimento 2

		ProdT MS	TC	MSdes
Efecto tratamiento	p-valor	0,6345	0,7276	0,6727
	DMS _{10%}	1113,9	6,1	426,4
	$\tau_{60\text{ N}}$	4944,25A	25,0A	1698A
	$\tau_{120\text{ N}}$	5243,25A	26,26A	1806A
Efecto período	p-valor	<0,0001	<0,0001	0,0002
	DMS _{10%}	628,86	9,3	655,7
	γ_{invierno}	795,56C	12,96C	1159B
	$\gamma_{\text{inv.-prim.}}$	1559,94B	22,78B	1537B
	$\gamma_{\text{primavera}}$	2738,25A	41,16A	2561A
Efecto historia	p-valor	0,0242	0,0245	0,0391
	DMS _{10%}	1113,9	6,1	426,4
	$\tau_{\text{con H}}$	5915,25A	29,84A	2022A
	$\tau_{\text{sin H}}$	4272,25B	21,43B	1481B

Anexo 27. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para los tres efectos analizados en las variables de de producción primaria del experimento 2

		MSD	AltD	MSR	AltR	Des (%)
Efecto tratamiento	p-valor	0,5437	0,4413	0,3886	0,8264	0,6947
	DMS _{10%}	251,13	2,5	191,8	1,2	10,5
	$\tau_{60 N}$	3009,8A	20,31A	1312,38A	9,88A	53,34A
	$\tau_{120 N}$	2918,8A	19,14A	1213,21A	9,73A	55,80A
Efecto período	p-valor	<0,0001	<0,0001	0,0078	0,0255	0,1393
	DMS _{10%}	386,4	3,9	295,0	1,8	16,1588
	γ_{invierno}	2289,0B	14,06B	1130,2B	8,79B	46,33A
	$\gamma_{\text{inv.-prim.}}$	2515,0B	16,41B	1127,4B	9,46AB	55,58A
	$\gamma_{\text{primavera}}$	4088,9A	28,69A	1530,8A	11,17A	61,79A
Efecto historia	p-valor	0,1985	0,3977	0,0367	0,036	0,0946
	DMS _{10%}	251,1	2,5	191,8	1,2	10,5089
	$\tau_{\text{con H}}$	3061,7A	20,37A	1139,5B	9,04B	59,91A
	$\tau_{\text{sin H}}$	2866,9A	19,07A	1386,1A	10,57A	49,23B
Efecto período* historia	p-valor	0,0001				
	DMS _{10%}	696,68				
	$t\gamma_{\text{conH. *inv.}}$	2174,6 C				
	$t\gamma_{\text{sinH. *inv.}}$	2403,5 C				
	$t\gamma_{\text{conH. *inv.-prim.}}$	2311,0 C				
	$t\gamma_{\text{sinH. *inv.-prim.}}$	2719,0 C				
	$t\gamma_{\text{conH. *prim}}$	4699,4 A				
	$t\gamma_{\text{sinH. *prim}}$	3478,4 B				

Anexo 28. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción total de MS, TC y MSdes del experimento 2.

Contraste	g.l.		ProdT MS	TC	MSdes
Efecto dosis	1	S.C.	357604	19	138890
		p-valor	0,6345	0,7276	0,6727
		Diferencia	-598	-2,52	-215,17
Historia de fertilización	1	S.C.	10797796	850,08	3510008
		p-valor	0,0242	0,0245	0,0391
		Diferencia	-3286	-16,83	-1081
Total	2	S.C.	11155400	869,08	3648898

Anexo 29. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción primaria promedio del experimento 2.

Contraste	g.l.		MSD	AltD	MSR	AltR	Des (%)
Efecto dosis	1	S.C.	99463	16,38	118008,3	0,29	72,77
		p-valor	0,5437	0,4413	0,3886	0,8264	0,6947
		Diferencia	182	2,34	198,33	0,31	-4,93
Efecto historia	1	S.C.	454936	20,36	729640,1	28,03	1370,67
		p-valor	0,1985	0,3911	0,0367	0,036	0,0946
		Diferencia	389,4	-2,61	493,17	3,06	-21,38
Total	2	S.C.	554399	36,74	847648,4	28,32	1443,44

Anexo 30. Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de OF, GMD, CM y G.ha⁻¹ del experimento 1 para el total del experimento 2.

	OF		GMD		CM		G.ha ⁻¹	
CV (%)	34,15		112,58		58,73		125,29	
F.V.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Modelo	11	32,6	4	1,41	4	2882791	4	2773
Trat. N.	1	0,02	1	0,13	1	43350	1	2688
Bloque					1	2803033	1	10,67
Período	2	23,22						
Hist.			1		1	8664	1	73,5
Trat. N.*hist.	2	2,73	1	0,15	1	27744	1	0,67
PV inicial			1	0,12				
Error	36	128	91	32,86	19	13160521	19	137909
Total	47	160,6	95	34,27	23	16043313	23	140682

Anexo 31. Cuadro con el p-valor y test de Tukey para los tres efectos analizados en las variables de de producción secundaria, OF, GMD, CM y G.ha⁻¹ para el total de período del experimento 2.

		OF	GMD (*)	CM	G.ha ⁻¹
Efecto Trat. N.	p-valor	0,9394	0,5485	0,8051	0,550
	DMS _{10%}	0,91897	0,2038	587,5	60,14
	τ ₆₀	5,54A	0,57A	1459,67 A	472 A
	τ ₁₂₀	5,50A	0,50A	1374,67 A	398 A
Efecto período	p-valor	0,0498			
	DMS _{10%}	1,41304			
	Y _{invierno}	4,59B			
	Y _{inv.-prim.}	5,70AB			
	Y _{primavera}	6,27A			

Efecto Trat. N. * período	p-valor	0,6897			
	DMS 10%	2,54568			
	t _{γ60} *invierno	4,65A			
	t _{γ120} *invierno	4,54A			
	t _{γ60} *inv.-prim.	5,41A			
	t _{γ120} *inv.-prim.	5,99A			
	t _{γ60} *primavera	6,56A			
t _{γ120} *primavera	5,98A				
Historia de fertilización	p-valor	0,6488	0,5097	0,9121	0,9209
	DMS 10%	0,91897	0,203	587,5	60,14
	t _{con H}	5,65A	0,49A	1398,17 A	398 A
	t _{sin H}	5,40A	0,57A	1436,17 A	419 A
Efecto Trat. N * hist.	p-valor		0,0745	0,8435	0,9925
	DMS 10%		0,403	1180,27	120,8
	t _{γ60} *con H.		0,65 A	1474,67 A	462 A
	t _{γ120} *con H.		0,34 A	1321,67 A	333 A
	t _{γ60} *sin H.		0,50 A	1444,67 A	481 A
	t _{γ120} *sin H.		0,65 A	1427,67 A	356 A

Anexo 32. Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción secundaria del experimento 2.

Contraste	g.l.		OF	GMD	CM	G.ha⁻¹
Efecto dosis	1	S.C.	0,02	0,13	8664	69,56
		p-valor	0,9394	0,5485	0,9121	0,9209
		Diferencia	0,08	0,15	-76	-7
Historia de fertilización	1	S.C.	0,75	0,15	43350	2688,17
		p-valor	0,6488	0,5235	0,8051	0,5500
		Diferencia	-0,5	-0,16	679,54	69,17
Total	2	S.C.	0,77	0,38	52014	2761,67