

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA INVERNO-PRIMAVERAL EN PRODUCCIÓN PRIMARIA A
DIFERENTES INTERVENCIONES SOBRE CAMPO NATURAL

por

Iván AMIR CUFRE
Martín STANCOV LEONE

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Director:
Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

.....
Ing. Agr. (Mag.) Ramiro Zanoniani

.....
Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás

.....
Ing. Agr. (Mag.) Nicolás Caram

Fecha: 29 de diciembre de 2020

Autores:
Iván Amir Cufre

.....
Martín Stancov Leone

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía, en especial a la EEMAC, por brindarnos los medios necesarios para llevar adelante la carrera.

A nuestro director de tesis, Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano por compartir sus conocimientos durante los últimos años de carrera.

A los Ing. Agr. (Mag.) Nicolás Caram y Felipe Casalás por brindarnos todas las herramientas necesarias para llevar a cabo el trabajo final.

A nuestras familias por habernos dado la posibilidad de estudiar y el apoyo durante toda la carrera.

A nuestros amigos y compañeros por el apoyo continuo y verdadero.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL DEL URUGUAY.....	2
2.2 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	3
2.2.1 <u>Efecto del nitrógeno en la producción primaria</u>	4
2.2.2 <u>Efecto del nitrógeno en la tasa de crecimiento</u>	5
2.2.3 <u>Efecto del nitrógeno en la calidad de la pastura</u>	6
2.2.4 <u>Efecto del nitrógeno en la oferta de forraje</u>	7
2.3 EFECTO DEL PASTOREO	8
2.3.1 <u>Efecto de la intensidad de pastoreo</u>	9
2.3.2 <u>Efecto del pastoreo en la calidad de la pastura</u>	10
2.4 EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSAS	11
2.4.1 <u>Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje</u>	12
2.4.2 <u>Efecto del mejoramiento en la tasa de crecimiento</u>	13
2.4.3 <u>Efecto del mejoramiento en la calidad de la pastura</u>	13
2.5 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA.....	14
2.5.1 <u>Efecto del fósforo en la producción primaria</u>	14
2.5.2 <u>Efecto del fósforo en la calidad de la pastura</u>	14
2.6 HIPÓTESIS	15
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	16
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	16
3.1.1 <u>Localización del sitio experimental</u>	16

3.1.2 <u>Características meteorológicas</u>	16
3.1.3 <u>Suelo</u>	16
3.1.4 <u>Vegetación</u>	17
3.1.5 <u>Antecedentes de pastoreo</u>	17
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	17
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	18
3.4 ANIMALES EXPERIMENTALES	19
3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	20
3.5.1 <u>Manejo del pastoreo</u>	20
3.5.2 <u>Determinación de producción primaria</u>	20
3.5.3 <u>Determinación de las variables animales</u>	22
3.6 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	22
3.7. MODELO ESTADÍSTICO	23
3.7.1. <u>Modelo estadístico de la pastura</u>	23
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	24
4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	24
4.1.2 <u>Temperatura</u>	24
4.1.2 <u>Precipitaciones</u>	24
4.1.3 <u>Balance hídrico</u>	25
4.2 REGRESIONES DE LA BIOMASA TOTAL Y BIOMASA VERDE	27
4.2.1 <u>Regresiones de la biomasa total invernal</u>	27
4.2.2 <u>Regresiones de la biomasa verde invernal</u>	28
4.2.3 <u>Regresiones de la biomasa total primaveral</u>	29
4.2.4 <u>Regresiones de la biomasa verde primaveral</u>	30
4.3 SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN PRIMARIA.....	31
4.4 DISPONIBLE	32
4.4.1 <u>Contrastes ortogonales</u>	33
4.4.2 <u>Disponibile por período</u>	34
4.5 REMANENTE	35

4.5.1 <u>Contrastes ortogonales</u>	35
4.5.2 <u>Remanente por período</u>	37
4.6 MATERIA SECA.....	38
4.6.1 <u>Materia seca desaparecida</u>	38
4.6.1 <u>Materia seca promedio del periodo de ocupación de pastoreo</u>	38
4.7 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y TASA DE CRECIMIENTO.....	40
4.7.1 <u>Total del período</u>	40
4.7.2 <u>Período invernal</u>	42
4.7.3 <u>Período invierno-primavera</u>	43
4.7.4 <u>Período primaveral</u>	44
4.9 VARIABLES DEL ANIMAL.....	46
4.9.1 <u>Significancia estadística de las variables de producción secundaria</u>	46
4.9.2 <u>Oferta de forraje</u>	46
4.9.3 <u>Desaparecido</u>	47
4.9.4 <u>Carga en Kg/ha de peso vivo</u>	47
4.9.5 <u>Ganancia media</u>	48
5. <u>CONCLUSIONES</u>	50
6. <u>RESUMEN</u>	51
7. <u>SUMMARY</u>	53
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	54

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Resumen de la significancia estadística de las variables medidas de producción primaria para los factores e interacción estudiados.	31
2. Disponible en kg/ha de MS total, kg/ha de MS verde y altura en cm promedio para el total del período	32
3. Contraste ortogonal para la MS total disponible en kg/ha	33
4. Contrastes ortogonales para la MS disponible verde en kg/ha.....	33
5. Contraste ortogonal para la altura promedio disponible en cm.....	34
6. Disponible de MS total, MS verde y altura promedio, del promedio de los tratamientos para los tres períodos de evaluación.....	34
7. Efecto de los distintos tratamientos en MST, MSV y altura promedio de los remanentes, para el total del período.....	35
8. Contraste ortogonales de la MS remanente total	36
9. Contraste ortogonales de la MS remanente verde	36
10. Contraste ortogonales para la altura del disco (cm) promedio del remanente	37
11. Remanente de MS total, MS verde y altura promedio, del promedio de los tratamientos para los tres períodos de evaluación.....	37
12. Contrastes entre tratamientos para la MS total desaparecida (kg/ha) durante el período de pastoreo.....	38
13. Disponible promedio en MS total (kg/ha) durante el período de ocupación del pastoreo por tratamiento	39
14. Disponible promedio en MS total por período.....	39
15. Contrastes ortogonales del disponible promedio en MST (kg/ha) de los períodos de ocupación.....	40

16. Producción de materia seca total, producción de materia seca verde, tasa de crecimiento total y tasa de crecimiento verde según tratamiento para todo el período.....	40
17. Producción de forraje en materia seca total (PMST) y materia seca verde (PMSV) en kg/ha y tasa de crecimiento total (TC) y crecimiento verde (TCV) en kg/ha/día de MS, para el período invernal según tratamientos.....	42
18. Producción de forraje en materia seca total (PMST) y materia seca verde (PMSV) en kg/ha y tasa de crecimiento total (TC) y crecimiento verde (TCV) en kg/ha/día de MS, para el período invierno-primavera según tratamientos	43
19. Producción de forraje en materia seca total (PMST) y materia seca verde (PMSV) en kg/ha y tasa de crecimiento total (TC) y crecimiento verde (TCV) en kg/ha/día de MS, para el período primavera según tratamientos.....	45
20. Resumen estadístico de las variables estudiadas de producción secundaria.....	46
21. Evolución de la oferta de forraje (%PV) para los distintos períodos.....	46
22. Materia seca total desaparecida como porcentaje de la MS total disponible para los diferentes tratamientos en el total del período.....	47
23. Carga animal en kg/ha de peso vivo promedio de los tres períodos analizados	48
24. Ganancia media diaria promedio para los tres períodos analizados por tratamiento.....	48
25. Ganancia media diaria por período	49

Figura No.

1. Imagen satelital y croquis del área experimental donde se aprecian los bloques (Bn) y los distintos tratamientos (CN, CNm, 60 y 120).....	19
2. Temperatura promedio mensual del 2018 y temperatura promedio mensual de la serie histórica de la EEMAC del 2002 al 2017	24

3. Precipitaciones de los meses del año 2018 y de la serie histórica de la EEMAC 2002-2017.....	25
4. Evolución de la evapotranspiración real y potencial diaria del campo natural y del almacenamiento de agua en el perfil del suelo con respecto al 40% del agua potencialmente disponible.....	26
5. Regresiones de la biomasa total invernal para disponible y remanente del tratamiento testigo (CN) y los tratamientos fertilizados con 60 y 120 Kg/ha de N (N).....	27
6. Regresiones de la biomasa verde invernal para disponible y remanente del tratamiento testigo (CN) y los tratamientos fertilizados con 60 y 120 Kg/ha de N (N)	28
7. Regresiones de la biomasa total primaveral para disponible y remanente del tratamiento testigo (CN) y los tratamientos fertilizados con 60 y 120 Kg/ha de N (N)	29
8. Regresiones de la biomasa verde primaveral para disponible y remanente del tratamiento testigo (CN) y los tratamientos fertilizados con 60 y 120 Kg/ha de N (N)	30

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Uruguay abarca 13.396.000 hectáreas del área agropecuaria siendo el 82% de la misma y la principal base forrajera son las pasturas naturales. La producción de carne es de 87 Kg/ha (MGAP. DIEA, 2018).

Las pasturas naturales ocupan el 68,7% de la superficie del país (MGAP. DIEA, 2018). Las mismas se caracterizan por presentar gran heterogeneidad variando según el tipo de suelo sobre el cual se desarrollan y el régimen climático de las diferentes zonas agroecológicas (Boggiano y Berretta, 2006). Predominan gramíneas, hierbas asociadas, pequeñas malezas y ocasionalmente árboles (Allen et al., 2011).

La producción secundaria es el resultado de una producción primaria variable a lo largo del año y dependiente de las condiciones climáticas. Como resultado se han planteado diferentes tecnologías para contrarrestar la baja producción, tales como mejoramientos extensivos con fertilizaciones fosfatadas e incorporación de leguminosas y fertilizaciones nitrogenadas.

1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio fue evaluar la respuesta invernoprimeral en producción de forraje de un campo natural sometido a niveles crecientes de intervenciones.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la respuesta en producción primaria al agregado de nutrientes (N+P) y/o introducción de especies de leguminosas (+P) frente a un testigo sin intervención.

Evaluar la respuesta del agregado de nitrógeno de forma directa (fertilización) o indirecta al incorporar leguminosas.

Evaluar la proporción de resto verde en el disponible y en el remanente.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL DEL URUGUAY

El principal componente de las pasturas son las gramíneas, las cuales están integradas de forma minoritaria por especies invernales C3 y mayoritariamente por estivales de tipo C4 (Millot et al., 1987), esto determina una mayor producción en los meses de primavera verano y con alta dependencia de las condiciones climáticas del año. Las especies C4 presentan mayor eficiencia en el uso del nitrógeno y del agua, pero también menor valor nutritivo a igualdad de otros factores debido a factores morfo-fisiológicos propios (Millot et al., 1987).

Carámbula (2008), afirma que la producción anual de forraje de las pasturas naturales se encuentra entre 800 y 4000 kg/ha de materia seca (MS), para suelos superficiales sobre Basalto y suelos profundos sobre de Fray Bentos respectivamente.

El campo natural está distribuido sobre un mosaico de diferentes suelos y a su vez compuesto por un gran número de especies, a su vez estas especies cuentan con diferentes ciclos productivos, hábitos de crecimiento, calidad alimenticia y fisiología. Por lo mencionado anteriormente, se generan ecosistemas diversos y heterogéneos, tanto en espacio como también en tiempo, debido principalmente a los ciclos productivos de las especies que constituyen la pastura, las cuales son exploradas por los animales en pastoreo libre, donde los mismos concentran el pastoreo sobre las especies preferidas y de mayor calidad. Este proceso de selección ha contribuido a una reducción de las especies más productivas y palatables del campo natural (Millot et al., 1987).

La producción de las pasturas naturales se da mayoritariamente en las estaciones de primavera y verano, con un promedio de 80% de la producción anual en suelos de textura gruesa, y 65% en vegetaciones con un mayor crecimiento otoñal. El aporte invernal, alcanza valores de 6% en suelos arenosos, y 16% en suelos de textura más pesada sobre basalto (Bemhaja, citado por Berretta 1995, Boggiano et al. 2008). La marcada estacionalidad de la producción primaria, acompañada de una carga animal fija a lo largo del año, condicionan a un sobrepastoreo en los momentos de escasez de forraje y un subpastoreo en las estaciones de primavera y verano donde la producción primaria no es limitante (Carámbula, 2008).

Según Del Puerto (1969), Carámbula (2008), la carencia de nutrientes de los suelos del campo natural, básicamente nitrógeno (N) y fósforo (P), determinan la abundancia de especies gramíneas C4 (estivales), debido a su mayor eficiencia en el uso del agua y del N, en comparación a las especies C3. Las

características anteriormente mencionadas les brindan una mejor adaptación a los suelos de baja fertilidad como también a periodos con ausencia de precipitaciones. En cambio, suelos más profundos y de mayor fertilidad, presentan una producción estacional más equilibrada.

2.2 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Ayala y Carámbula (1994), afirman que el potencial de crecimiento de la pastura de cada sitio es considerado como el máximo rendimiento obtenible cuando todos los factores del crecimiento se encuentran en niveles óptimos.

El porcentaje de N de los suelos de Uruguay oscilan entre 0,1 y 0,3% en el horizonte superficial, estando muy fuertemente vinculado a la textura del mismo. Del N total en suelo, el 98 – 99% se encuentra en forma orgánica, siendo el 1 – 2% lo que se encuentra disponible para las plantas (N inorgánico). El proceso biológico por el cual el N se transforma de orgánico a inorgánico es la mineralización. El N inorgánico será mayor en suelos pesados en verano que en suelos livianos en invierno, debido a la mayor cantidad de MO asociados a texturas más pesadas y una mayor mineralización por las altas temperaturas (Morón, 1996).

Por más que existan variables no controlables como la humedad y temperatura, se puede mejorar la nutrición mineral mediante la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfatados para aumentar el potencial de las pasturas. Además, la carencia crónica del N en todas las situaciones de producción extensivas del país, justifican la inclusión del mismo en este estudio como una de las principales variables (Ayala y Carámbula, 1994).

El nitrógeno puede volver a incorporarse al suelo bajo condiciones de pastoreo por medio de las heces y la orina, en forma de urea y N orgánico respectivamente. Considerando una carga de 360 kg/ha/año de PV, a través de las heces se excretan entre 18 y 29 kg/ha de N y a través de la orina entre 15 y 80 kg/ha de N. Por lo tanto las deyecciones totales se encuentran entre 33 y 109 kg/ha de N. Estos valores varían según el contenido de nitrógeno en la dieta (Henzell y Ross, citados por Morón, 1996).

Además, el nitrógeno puede incorporarse al suelo por medio de especies que fijan el N atmosférico. Las únicas especies capaces de realizar esta función son las leguminosas. Esta familia de plantas lo hacen en una relación de 1 Kg de N por cada 25 kg de MS de parte aérea producida. Sin embargo, cuando la disponibilidad de nitrógeno en suelo es muy alta, la fijación biológica del nitrógeno puede verse inhibida (Díaz Roselló, citado por Morón, 1996).

2.2.1 Efecto del nitrógeno en la producción primaria

Las gramíneas son el principal componente de las pasturas naturales, siendo el efecto que genera el agregado de N, de gran importancia debido a que las gramíneas compiten mejor por los recursos luz y agua con otras especies cuando no existen condiciones limitantes de N (Ayala y Carámbula 1994, Perdomo y Barbazán 2012). El campo natural al estar compuesto principalmente por gramíneas, al ser fertilizado con nitrógeno aumenta sustancialmente la producción de forraje en relación a un campo natural sin fertilizar. La respuesta de producción es lineal al incrementar la dosis de N, observándose mejores respuestas hasta el tercer año de aplicación (Hanisch et al., 2008).

En pasturas naturales constituidas principalmente por especies estivales, el uso de N tiende a magnificar la estacionalidad de la producción de forraje, ya que dichas especies presentan mayor eficiencia fotosintética y en el uso de agua y nitrógeno. En invierno, las bajas temperaturas, el exceso hídrico y las heladas provocan una baja utilización del N por lo que la producción de materia seca no genera un aporte tal que permita cubrir las necesidades de los animales. Incorporación de N al sistema por medio de fertilizaciones en el otoño, permitiría cubrir este déficit, difiriendo forraje en pie para el invierno (Millot et al. 1987, Ayala y Carámbula 1994).

Según Berretta (2005), fertilizando con N y P, se obtiene un aumento en producción, que puede ser hasta un 60%. Rodríguez Palma et al. (2009), en promedio de siete años, en campos sobre basalto, se obtuvo una producción anual de forraje 29% superior cuando se fertilizó con 100 kg/ha, fraccionados en otoño y fines de invierno. Resultados similares obtuvieron Peirano y Rodríguez (2004) en el período otoño-invernal, en el que la tasa de crecimiento aumentó significativamente con el agregado de N.

Correa et al. (2004), evaluando la fertilización de campo natural a diferentes dosis de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha de N), obtuvieron que la máxima producción fue de 5421 kg/ha de MS con fertilizaciones de 200 kg/ha de N, siendo 194% superior al testigo (2789 kg/ha de MS). Con dosis de 100 y 150 kg/ha de N, la producción fue superior al testigo, pero no hubo diferencia significativa entre ambas aplicaciones (4236 y 4570 kg/ha de MS respectivamente). Con dosis de 50 kg/ha de N no existieron diferencias significativas con el tratamiento sin agregado de N. Cabe aclarar que todos los tratamientos fueron corregidos con CaCO₃, P₂O₅ y K₂O.

Según Ayala y Carámbula (1994), la producción anual de forraje presenta aumentos significativos en respuesta a la fertilización estacional con N en campo natural de Unidad Alférez, respecto al testigo sin aplicar. En estos campos hay

un dominio de especies estivales, las cuales presentan mayor eficiencia fotosintética, en el uso del agua y del N, determinando que, la respuesta en producción de forraje por unidad de N agregado fue mucho mayor en los meses de verano que en invierno. Esta aplicación estival, magnifica la estacionalidad ya existente en la pastura. Por otro lado, Zanoniani (2009), en suelos de la Unidad San Manuel, obtuvieron una eficiencia de la fertilización con N en invierno más alta que la obtenida por Ayala y Carámbula (1994) en la misma estación. Esto está asociado a la alta participación de gramíneas invernales como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera* en el área experimental de la Unidad San Manuel. Álvarez et al. (2013) en la misma unidad que Zanoniani (2009) encontraron que la respuesta al agregado de N en producción de forraje anual fue de 46 kg/ha de MS por kg de N agregado, valor aún más alto que la anteriormente mencionada.

Stoddartef et al., citados por Berretta (1998), afirman que existe una interacción entre el 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 relación a esto, Celebi et al. (2011) demostraron que con aplicaciones conjuntas de N y P el rendimiento siempre es significativamente superior al que se obtiene cuando dichos elementos son aplicados de forma individual, independientemente de la dosis utilizada. Los autores recomiendan como dosis óptimas 80 kg/ha de N y 60 kg/ha de P₂O₅. En la misma línea, Norman, citado por Bottaro y Zavala (1973) encontró que la producción tuvo un aumento significativo únicamente cuando ambos nutrientes se aplicaron en conjunto. Fue un incremento promedio de producción de 61% en relación a la media de los tratamientos que incluyeron uno solo de los nutrientes. Los resultados obtenidos por Bottaro y Zavala (1973) en Pradera Parda sobre Formación Fray Bentos, muestran que con 320 kg/ha de P₂O₅ la producción fue de 1510 kg/há de MS, pero cuando dicha dosis se combina con 320 kg/ha de N, la producción aumenta a 4790 kg/há de MS. Burgos (1974) observó que la respuesta al agregado de N y P en la producción de forraje es más marcada en invierno que en primavera. Además, en esta última estación, encontró una alta respuesta al agregado de N en forma individual. Houston y Hyder, citados por Duhalde y Silveira (2018), aplicando altas dosis de N sin fraccionar (266 kg/ha de N), encontraron que el aumento en producción del primer año fue el menor, mientras que el mayor fue en el segundo año. Por otro lado, el aumento en producción de forraje en los 4 años fue de entre 53 y 87%.

2.2.2 Efecto del nitrógeno en la tasa de crecimiento

El N es el factor que mayor impacto tiene afectando la tasa de crecimiento de una pastura. La fertilización nitrogenada tiene efecto favorable en la tasa de crecimiento y en la densidad de macollos, cuando las condiciones no sean

limitantes. Esto presenta un incremento del 13% en tasa de crecimiento por macollo y 21% en aumento de la densidad de los mismos, lo que se traduce en un aumento del crecimiento de la pastura del 39%, cuando la dosis aplicada es elevada (Mazzanti et al., citados por Azanza et al., 2004).

Boggiano et al. (2000), comprobaron que esta respuesta en la tasa de crecimiento genera un aumento significativo en la producción de materia seca disponible. Con aplicaciones elevadas de 170 y 200 Kg/ha de N, se alcanzó tasas de crecimiento de hasta 20 Kg/ha/día de MS a bajas ofertas de forraje y 12 Kg/ha/día de MS con ofertas de forraje mayores. Esto se debe a que el agregado de N acelera el ritmo de crecimiento, la reposición del área foliar se da más rápida y por lo tanto el inicio del sombreado se da antes, lo que determina la necesidad de disminuir la oferta de forraje o, de ingresar en menos tiempo a pastorear para un mejor aprovechamiento de la pastura (Agnusdei et al., Brougham, Mazzanti et al., citados por Zanoniani, 2009).

A su vez, Berretta (2005), afirma que la fertilización nitrogenada provoca un aumento en la TC diaria, logrando duplicarse durante el invierno. A pesar de ello, la variabilidad de la misma se incrementa en todas las estaciones, salvo en primavera. En campos sobre basalto, Berretta (1998), encontraron que la TC diaria en la primavera, con el agregado de N casi se duplicó frente al testigo, siendo la máxima registrada de 35 kg.ha⁻¹.día⁻¹ de MS.

A su vez, sobre campos de Basalto, encontraron que, con agregado de N, se incrementó la tasa de crecimiento diaria primaveral en un 84%, siendo la máxima registrada de 35 Kg/ha/día, mientras que, sin fertilizar, fue de 19 Kg/ha/día (Berretta, 1998). Esto afecta la producción de forraje de la estación, que, en el caso fertilizado, supera los 1600 kg/ha y el testigo sin fertilizar se aproxima a 1000 Kg/ha de MS.

2.2.3 Efecto del nitrógeno en la calidad de la pastura

Ayala y Carámbula (1994), encontraron que con el agregado de N se logran alcanzar valores mayores de proteína cruda (PC) en el campo natural. Particularmente en otoño e invierno. Los valores promedio obtenidos fueron de 8,7% y 10,3% para campo natural y campo natural fertilizado respectivamente. Según Montossi et al. (2000), la fertilización del campo natural, promueve cambios positivos en la composición botánica. Estos cambios son notorios con la aparición de especies de tipo productivo fino y tierno-fino, desplazando a especies de tipo productivo ordinario y ordinario-duro.

En un experimento realizado por Bemhaja (1994) obtuvo que, con el agregado de N, la calidad de la pastura puede no variar según el tipo de suelo. En suelos de Basalto se registró una disminución de la fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) y se observaron aumentos de la PC. En suelos de areniscas de Tacuarembó, la calidad de la pastura continuó siendo muy baja, independientemente del agregado de N. Esta respuesta diferencial se debe principalmente a la composición botánica de los distintos tipos de suelo. Mientras que en Basalto se promovió en crecimiento de especies finas y tiernas, particularmente invernales, en Areniscas de Tacuarembó se promovieron especies estivales que no contribuyeron a una mejora en la calidad de la pastura.

2.2.4 Efecto del nitrógeno en la oferta de forraje

Las medidas de manejo en conjunto, como la fertilización nitrogenada y los ajustes en la oferta de forraje, aumentan la tasa de crecimiento de la pastura en invierno, ya que existe interacción entre estas variables (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013).

Boggiano et al. (2005), investigaron la respuesta a la fertilización nitrogenada a diferentes ofertas de forraje. Esta investigación fue llevada a cabo en un campo natural de suelos de la unidad San Manuel. Se encontró no solo que la respuesta al agregado de N en producción de forraje invernal tiene efecto cuadrático, sino que además presenta una interacción significativa entre el N y la oferta de forraje. La máxima producción anual se obtuvo con dosis de 150 kg/ha de N y oferta de forraje del 10% de peso vivo. Dosis superiores de N no lograron aumentar la producción. En invierno, se obtuvo la máxima respuesta en producción de MS con 300 kg/ha de N y una oferta de forraje de 4%. Sin embargo, fertilizaciones de otoño con 50 kg/ha de N, oferta de forraje de 8% y periodos de descanso de 45 días, aumentaron la productividad otoño-invernal de forraje. Cuando la fertilización y la oferta fueron bajos, se encontró que el aumento de la oferta de forraje en comparación al incremento de la dosis de N presenta mayor respuesta. Esto es explicado porque al aumentar la oferta, luego del pastoreo, queda presente mayores remanentes por una menor remoción de área foliar y pseudotallos, lo cual incrementa indirectamente la disponibilidad de N en plantas sin necesidad de fertilización, favoreciendo así, la formación de nuevos tejidos, principalmente en gramíneas invernales (Boggiano et al. 2005, Álvarez et al. 2013).

Aplicar altas dosis de N, combinadas con altas ofertas de forraje, afectan negativamente la producción primaria. Esto se debe a que habrá mayor proporción de tejido viejo en el forraje remanente, el cual tiene menor eficiencia fotosintética. Además, las altas dosis de N aceleran la tasa de expansión foliar,

así como la reposición de área foliar lo que favorece al sombreado en estratos bajos. Esta disminución de la producción primaria, se soluciona disminuyendo la oferta de forraje, lo cual permite obtener una mayor acumulación de forraje debido a que se retrasa el sombreado de los estratos inferiores (Lemaire, citado por Boggiano et al. 2005, Nabinger y Parsons, citados por Álvarez et al. 2013). La magnitud de la respuesta en producción primaria con la interacción de la fertilización con N y la oferta de forraje se acentúa en primavera, explicado por el rápido crecimiento del forraje característico de la estación (Boggiano et al., 2005)

Según Zanoniani (2009), el agregado de N tiene efecto positivo sobre la producción invernal cuando se maneja a altas ofertas de forraje, siempre que la dosis aplicada sea baja. Con aplicación de más de 150 Kg/ha de N, la producción aumenta a menores ofertas de forrajes. Con altas aplicaciones de N y con ofertas de forraje del 4% se obtuvieron los mayores resultados en producción primaria invernal. Si bien ofertas bajas provocan menores remanentes determinando una limitante en el crecimiento, este efecto se ve disminuido por el creciente agregado de fertilizantes nitrogenados. Además, aumenta el forraje desaparecido (con el agregado de N y bajas ofertas) explicado por una mayor producción de la pastura y no por una mayor proporción de cosecha o mayor porcentaje de utilización.

Si bien la acumulación de MS verde invernal como primaveral se ve más afectada por la oferta de forraje que por la dosis de N, las tasas se vuelven máximas cuando ambos factores son elevados. Esto es explicado debido a un alargamiento de los entrenudos, generando una arquitectura más erecta de cada planta, permitiendo una mejor penetración de la radiación solar, determinando una mayor área foliar evitando el sombreado de los estratos inferiores (Boggiano et al., 2000)

Zanoniani (2009) demostró que se pueden cubrir los requerimientos del animal con altas cargas al agregar una dosis baja de N. Gastal et al., citados por Zanoniani (2009) afirman que, con similares respuestas, hay que adecuar la intensidad del pastoreo según la dosis de N aplicado para obtener mejores producciones.

2.3 EFECTO DEL PASTOREO

Las pasturas tienen un potencial productivo, el cual va a determinar la carga animal que la misma va a soportar, con un método de pastoreo determinado, el cual puede aplicarse en un periodo definido sin llegar a deteriorar el ecosistema (Mott, 1960). A pesar de esto McNaughton, citado por Berretta (1995), afirma que el principal problema al determinar la carga adecuada se

observa en la necesidad de diferir forraje para ser consumido en momentos en los que, por factores ambientales, la producción del mismo no abunda.

Según Allen et al. (2011), la carga, la cual va a definir la productividad del sistema, está fuertemente relacionada con la intensidad de pastoreo, por lo tanto, con la oferta de forraje. La OF está definida como la relación entre la masa de forraje disponible y los kg de peso vivo por unidad de superficie a ser pastoreada en un momento determinado. Por lo que define que existe una relación inversa entre la OF y la intensidad de pastoreo, por ende, a mayor OF menor es la intensidad de pastoreo y cuando la OF disminuye la intensidad aumenta.

En relación a cómo la intensidad de pastoreo afecta la producción, Mezzalira et al. (2012) concluyeron que utilizando diferentes OF, por ende, modificando la intensidad de pastoreo en las diferentes estaciones del año va a permitir potenciar la producción de forraje a lo largo del año. Mientras que con OF de 8% en primavera y 12% durante el resto del año, en pastoreo continuo, se obtiene la máxima tasa de crecimiento, 15 kg/ha/día de MS, la cual lleva a obtener producciones de hasta 4402 kg/ha de MS por año. Por el contrario, con OF de 4% a lo largo de todo el año, se logran tasas de crecimiento de 2 kg/ha/día de MS y producciones de forraje de 1726 kg/ha de MS al año. Nabinger et al. (2011) afirman que la diversidad de especies se ve afectada según la carga, siendo baja con OF de 4% y aumentando hasta 12%. Por encima de este factor, la diversidad comenzaría a disminuir.

El efecto producido por el pastoreo puede provocar que la producción de forraje se vea favorecida o perjudicada, por lo que resulta importante realizar combinaciones entre intensidad y frecuencia de pastoreo, para garantizar una adecuada productividad sin deteriorar las pasturas (Nabinger et al., 2007).

Según Millot et al. (1987) la alternativa al pastoreo continuo es el pastoreo rotativo, el cual hace referencia a una ocupación secuencial de los animales en un número variable de potreros, generando en los mismos periodos de ocupación como también de descanso. El pastoreo rotativo tiene como objetivo que los animales ingresen a los potreros cuando se da el equilibrio entre una alta producción de MS y un alto valor nutritivo de las pasturas (Carámbula, 2008).

2.3.1 Efecto de la intensidad de pastoreo

Como establecido anteriormente existe una relación inversa entre OF e intensidad de pastoreo. Con ofertas de forraje menores al 4%, se encontró la menor productividad, la cual se incrementó con ofertas entre 8 y 12% y con ofertas mayores a 12% se reduce la productividad. Esto se explica en el caso de ofertas de forraje bajas, por la baja interceptación de la radiación debido a una

escasa cobertura vegetal (Maraschin et al., 1997). En el caso de ofertas cercanas a 16% del PV, debido a condiciones de sombreado los tejidos jóvenes que crecen bajo estas condiciones disminuyen su eficiencia fotosintética, provocando disminuciones en la producción de forraje (Nabinger, 1998).

La tasa de acumulación de forraje comienza a decaer cuando se alcanza el índice de área foliar (IAF) óptimo, ya que las hojas viejas senescen a una tasa que se aproxima a la tasa de aparición foliar (TAF), por lo que al aumentar la oferta de forraje la tasa de senescencia aumenta hasta igualar o superar la tasa de crecimiento, haciendo que la producción sea nula o disminuya (Chapman y Lemaire, 1993).

Según Moojen y Maraschin (2002), con el aumento de oferta de forraje, se da un aumento en la tasa de acumulación de MS, hasta alcanzar un valor máximo. Frente a ofertas mayores a 11.5% de PV comienzan a provocar una reducción en la acumulación. Respuestas similares fueron obtenidos por Maraschin y Mott, citados por Moojen y Maraschin (2002).

Según Moojen y Maraschin (2002) con ofertas de forraje del 12% del PV se da la mejor relación entre ganancia/ha y oferta de forraje. Esto se explica por la expresión del pastoreo selectivo que permite lograr altas tasas de ganancias individuales.

Variando la oferta de forraje, determina diferentes cantidades de MS residual por área. Con una mayor oferta de forraje, aumenta la MS/ha. Los mayores potenciales en cuanto a la producción animal y de las pasturas corresponden a ofertas de forraje del 12% del PV (Moojen y Maraschin, 2002).

2.3.2 Efecto del pastoreo en la calidad de la pastura

Según Moojen y Maraschin (2002), existe una reducción lineal de la proteína bruta frente a aumentos en la oferta de forraje. De acuerdo a lo expresado por Bodgan, citado por Moojen y Maraschin (2002), él mismo afirma que en etapas avanzadas del desarrollo de las pasturas están relacionadas con una disminución en los valores de proteína bruta de la pastura. Valores de oferta mayores conducen a un aumento en la MS/ha o residuo luego del pastoreo, así mismo, Ecosteguy, citado por Moojen y Maraschin (2002), observó una respuesta lineal descendente de la proteína bruta frente a aumentos en los descansos de la pastura.

Con la reducción de la carga animal/ha, por ende, mayor oferta, se produjo una reducción lineal de la digestibilidad de la pastura (Moojen y

Maraschin, 2002). Según Hacker y Minson, citados por Moojen y Maraschin (2002), con el avance del estado de desarrollo de las plantas, se observa una disminución en la digestibilidad de las mismas. Esto se ve explicado por un aumento de los componentes de la pared celular y su lignificación.

El envejecimiento del forraje disponible se cuantificó a partir del porcentaje de material muerto en el total de la MS. El modelo lineal fue el que mejor se adaptó para representar la relación entre material muerto y oferta de forraje. Concluyendo que, a partir de una mayor oferta de forraje, hubo un aumento en el porcentaje de material muerto en el total de MS disponible (Moojen y Maraschin, 2002).

2.4 EFECTO DEL MEJORAMIENTO CON LEGUMINOSAS

Según Carámbula (1992), la forma más económica de agregar N al suelo es mediante la introducción de leguminosas, y sus correspondientes fertilizaciones fosfatadas. Dichas fertilizaciones permitirán un correcto desarrollo de las leguminosas obteniendo plantas más grandes, con mayor producción de semillas, permitiéndole a las leguminosas una mayor presencia de plantas cada año (Olmos y Sosa, 2002).

La cantidad de especies leguminosas nativas y su producción en las pasturas naturales de Uruguay se ven limitadas fundamentalmente por el bajo contenido de fósforo que se encuentra en el suelo (Ayala y Bendersky, 2017). Existen efectos directos e indirectos al incorporar especies leguminosas a las pasturas naturales, dentro de los efectos directos el aumento en la biomasa y la calidad del forraje producido. Por otro lado, se encuentran los efectos indirectos, los cuales se relacionan a la posibilidad de realizar fijación biológica de nitrógeno, favoreciendo la producción de gramíneas nativas (Millot et al., 1987). Esta fijación de nitrógeno atmosférico, es la principal fuente de nitrógeno del suelo, alcanzando valores cercanos al 90% con respecto al total del nitrógeno del suelo. Su contribución dependerá de la cantidad de biomasa de leguminosas producida, logrando fijarse en promedio 30 kg de N por cada tonelada de leguminosas producida (García et al. 1994, Risso 1994).

La incorporación de leguminosas al sistema, es la forma más económica de aumentar los niveles de N en el suelo, sin embargo, se deben realizar fertilizaciones fosfatadas, de forma de asegurar una buena población de leguminosas (Carámbula, 1992). A través de la fertilización se logra obtener mayor presencia de las mismas en el mejoramiento, explicado fundamentalmente por plantas más vigorosas y mayor producción de semillas. Permitiendo mantener la población año a año (Olmos y Sosa, 2002).

Con la incorporación de leguminosas, se logra una mejora en la producción de MS, se mejora la distribución estacional como también la calidad del forraje ofrecido (Pallares y Pizzio, 1994).

2.4.1 Efecto del mejoramiento sobre la producción de forraje

Mediante el uso de mejoramientos en cobertura con leguminosas, se logran producciones hasta tres veces mayores en comparación a las de un campo natural. Al incorporarlas al tapiz, estas se asocian a las especies ya presentes, logrando una pastura con una mayor producción, así como también otorgándole mayor estabilidad, evitando el avance de las malezas presentes (Carámbula 1992, 2008). Según Bemhaja et al. (1998), sobre suelos de Basalto y Risso et al. (2002) sobre suelos de Cristalino, encontraron que al introducir leguminosas aumenta significativamente la producción de forraje

Según Bemhaja et al. (1998), en mejoramientos con *Lotus tenuis* cv. Waldst se obtuvo la mayor producción de forraje cuando se lo compara con cultivares de *Lotus corniculatus*, así como también una mayor producción invernal. Todos los materiales evaluados, presentaron alta persistencia hasta el cuarto año, mientras que en el quinto año comienzan a competir especies nativas. En situaciones donde la resiembra se ve afectada, se encontró que la persistencia del mejoramiento comienza a disminuir a partir del tercer año.

Según Rovira (2008), los mejoramientos son el resultado del agregado de P y semillas, fundamentalmente de leguminosas sobre el campo natural. Realizando únicamente la aplicación de P, no se solucionan los problemas que se dan comúnmente en los campos naturales del Uruguay. Dependiendo del tipo de suelo pueden lograr aumentos en la producción primaria en el orden del 10 al 30%, este aumento no es importante desde el punto de vista de valores absolutos, y no se logran superar los problemas relacionados al déficit invernal. Por esta razón y también por la alta respuesta que tienen las especies leguminosas introducidas, es de suma importancia la complementación entre las especies introducidas y la fertilización fosfatada correspondiente (Mas, 2012).

Estudios sobre suelos de basalto realizados por Berretta (1998), encontró incrementos en la producción primaria entre 50 y 100%, logrando triplicar las producciones invernales. Risso et al. (2002), encontraron que en suelos de cristalino mejorados con *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Lotus subbiflorus* cv. El rincón, se encontraron aumentos en la producción de más de 100% en comparación al campo natural sin mejorar. En suelos pesados del litoral, los bajos

mejorados con leguminosas, duplican la producción de los campos naturales de las laderas (Millot, Zanoniani, citados por Boggiano et al., 2005).

Risso y Morón (1990), realizaron la evaluación de mejoramientos con diferentes leguminosas y mezclas. Para el primer año se destacó el *Lotus corniculatus* o en mezcla con *Trifolium pratense*. Para el segundo año, donde las condiciones ambientales fueron favorables, la producción de los mejoramientos duplicó a la producción del campo natural. Se observa también que las mezclas que contienen *Lotus*, son las que presentan las producciones más altas, y por el contrario las menores producciones como también las menores persistencias se vieron con *Trifolium pratense* y *Medicago polymorpha*.

2.4.2 Efecto del mejoramiento en la tasa de crecimiento

Al realizarse la incorporación de leguminosas al campo natural, se logra un incremento en la tasa de crecimiento diaria. El mayor efecto en comparación a un campo natural sin mejorar se observa en los meses del invierno, donde las leguminosas ofrecen su mayor aporte (Bemhaja et al., 1998)

A su vez Garín et al. (1993), mediante evaluaciones, encontraron que en el periodo primaveral en un mejoramiento con *Lotus corniculatus*, la tasa de crecimiento diaria varió entre 26 y 33 kg/ha/día de MS. González y Rodríguez (2006), obtuvieron valores promedio de 40 kg/ha/día de MS para el mismo periodo para un mejoramiento con *Lotus tenuis* y *Trifolium repens*.

En tanto, Bemhaja et al. (1998), para el período invernal obtuvieron que la tasa de crecimiento diaria mediante la introducción de leguminosas pasó de 7,3 en un campo natural, a 18 kg/ha/día de MS mediante el agregado de las diferentes especies leguminosas. Lo que representa un aumento de 147% en comparación al campo natural. Para el periodo primaveral la TC diaria pasó de 14,8 a 31,0 kg/ha/día de MS mediante la introducción de leguminosas, representando un aumento de 109%

2.4.3 Efecto del mejoramiento en la calidad de la pastura

Según Bemhaja et al. (1998), a través del mejoramiento del campo natural con el agregado de leguminosas se logra mejorar la calidad de la pastura, lo cual está explicado por un menor contenido de FDN y FDA, sumado a un aumento en la concentración de PC. Con respecto a la PC, se duplican los valores con respecto al campo natural sin mejoramiento durante la primavera, y se registran valores entre 3 y 5% superiores en los meses de verano. Si bien con

la aplicación de N se logran mejorar los valores de PC, no se alcanzan los valores obtenidos mediante la introducción de leguminosas.

Forbes y Montossi et al., citados por Risso et al. (2002), concluyen que la mejora en la calidad de la pastura, se asocia a una mayor posibilidad de selección de la dieta por parte del animal, lo que conlleva a que el animal obtenga una dieta sin limitaciones desde el punto de vista proteico, necesarios para los procesos de crecimiento y engorde.

2.5 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA

2.5.1 Efecto del fósforo en la producción primaria

En el Uruguay, existen muchos suelos con restricciones o con problemas (Bermúdez et al., 2008), causados por distintos factores como características internas propias, topografía y alto riesgo de erosión. Mientras que en ciertos suelos la escasa profundidad y/o problemas de textura son los caracteres restrictivos de difícil solución, en otros suelos presentan baja fertilidad natural o fueron degradados y se plantean alternativas para levantar estas restricciones como la aplicación planificada de fertilizantes (Bermúdez et al., 2008). El nivel de fósforo de una gran cantidad de suelos de la región, es típicamente inferior a 5 ppm (Cardozo et al., 2018a). De este modo, para que, en suelos limitantes, el sistema de producción de forraje sea exitoso y eficiente, es imprescindible, primero elevar el nivel de fósforo disponible, para que las leguminosas nativas y/o sembradas presenten altos niveles de fijación biológica del nitrógeno, en beneficio de las gramíneas asociadas (Bermúdez et al., 2008).

2.5.2 Efecto del fósforo en la calidad de la pastura

En un experimento realizado en las sierras del este (Bermúdez et al., 2008) donde se midió la producción de forraje en mejoramientos de *Lotus subbiflorus*, con niveles de fertilización entre 0 y 90 kg/ha de P₂O₅, los tratamientos fertilizados no tuvieron diferencias significativas entre sí en producción de MS total/ha en el primer año, mientras que el aporte de la leguminosa varió entre 2225 y 3990 Kg/ha de materia seca para 0 y 90 kg/ha de P₂O₅ respectivamente con diferencias significativas entre tratamientos. En este experimento la respuesta fue lineal al agregado de P₂O₅, donde el aporte fue de 18,8 Kg/ha MS de leguminosa por Kg/ha de P₂O₅ aplicado. En el segundo año del experimento, al igual que en el primero, no se encontraron diferencias significativas de producción de forraje total, mientras que si hubo diferencias en la producción de MS de las leguminosas, donde se sitúa la producción entre 1470 y 2075 kg/ha de materia seca para 0 y 90 kg/ha de P₂O₅ respectivamente. Por

otro lado, en un experimento realizado sobre Brunosoles Subeutricos Háplicos, CONEAT 2.11A, se evaluó la producción de MS total y la producción de MS de leguminosa nativa al agregado de 100 kg/ha de P_2O_5 con superfosfato triple. La producción de MS total fue de 3512 ± 467 y 5207 ± 467 kg/ha de materia seca para el testigo y el fertilizado respectivamente con diferencias significativa. La producción de leguminosas nativas fue de 78 ± 74 y 356 ± 74 kg/ha de materia seca para el testigo y el tratamiento fertilizado respectivamente. Esto representa un aumento del 48% y 360% respecto al testigo para la producción total y de leguminosa, respectivamente (Cardozo et al., 2018b).

2.6 HIPÓTESIS

Niveles crecientes de intervención del campo natural modificaran la producción primaria de forma progresiva (CN>CNM>N60>N120).

La incorporación de leguminosas y/o la fertilización nitrogenada aumentará la producción primaria en los distintos períodos de evaluación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

3.1.1 Localización del sitio experimental

El experimento fue realizado en el potrero 18 de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, la cual se accede por el Km 363 de la ruta 3 General José Gervasio Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32°22'51.1"Sur y 58°03'13.4"Oeste).

El periodo de evaluación del experimento estuvo comprendido entre el 28 de junio al 20 de noviembre del 2018. En este periodo se evaluó la respuesta invierno-primaveral de los tratamientos.

3.1.2 Características meteorológicas

Esta zona agroecológica presenta un clima templado, siendo la temperatura media anual de 18°C. Para obtener la información se utilizaron los datos de la estación meteorológica automática de la EEMAC. Para el periodo de evaluación se registraron entre los años 2002 y 2017, temperaturas promedio mínimas en invierno de 7,3°C y máximas de 17,4°C, mientras que en primavera las mismas fueron de 12,3°C y 23,8°C respectivamente.

El régimen de lluvias es Isohigro, es decir, que puede haber déficit o excesos hídricos en cualquier estación del año caracterizándose por su irregularidad interanual, pero manteniendo regularidad intraanual, donde se registran, en promedio, 1100 mm anuales.

3.1.3 Suelo

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000 el experimento se realizó en suelos pertenecientes a la Unidad San Manuel. Estos suelos son caracterizados como Brunosoles éutricos típicos, presentando Solonetz solidizados melánicos y Brunosoles éutricos lúvicos como suelos asociados (Altamirano et al., 1976). Estos suelos se desarrollan en la Formación Fray Bentos (MAP. DSF, 1979). El relieve es de pendientes moderadas y lomadas suaves (Durán, 1985).

3.1.4 Vegetación

En el sitio experimental, la vegetación presente se puede diferenciar en tres estratos: bajo, medio y alto. En el estrato inferior se destaca una vegetación herbácea, la cual es dominada por diferentes especies de gramíneas estivales como *Axonopus affinis*, *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Setaria geniculata*. Como especies invernales del estrato bajo se encuentran *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa megapotamica* y *Stipa setigera*. Como especies asociadas se encuentran varias especies de leguminosas, entre las que se destacan *Adesmia bicolor*, *Desmodium incanum*, y *Medicago lupulina*. En el estrato medio se encuentran especies subarborescentes que se clasifican como malezas de campo sucio: *Baccharis coridifolia*, *Cirsium vulgare*, *Eupatorium buniifolium* y *Eryngium horridum* entre otras. El estrato alto se compone por especies arbustivas las cuales son características de monte parque siendo la dominante *Acacia caven* y se presenta como asociada *Prosopis affinis* (Cejas, 2016).

3.1.5 Antecedentes de pastoreo

Según Zanoniani (2009), el área experimental cuenta con más de 20 años de cría de ganado vacuno, que por la presencia de especies como *Dorstenia brasiliensis*, *Geranium albicans* y la abundancia de *Bromus auleticus*, corresponde a 'campo virgen' (Rosengurtt, 1979). Entre 2001 y 2004, Zanoniani (2009) afirma que en parte del área experimental se realizaron manejos con distintas cargas y distintas dosis de N y P. Luego de esta intervención, se mantuvo bajo pastoreo homogéneo y sin fertilizar hasta el año 2012, donde se comienza una nueva evaluación con aplicación de distintas dosis de N (Larratea y Soutto, 2013).

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se realizó un experimento de 4 bloques donde comenzó la evaluación en 2014.

En el experimento, se evaluó la respuesta del campo natural a distintos niveles de intervención: tratamiento 1- sin intervención (CN); tratamiento 2- siembra al voleo de 8 Kg/ha de *Trifolium pratense* cv. E166 y 6 Kg/ha de *Lotus tenuis* cv. Matrero + 40 Kg/ha de P₂O₅ (CNM); tratamiento 3- fertilización con 60 Kg/ha de N + 40 Kg/ha de P₂O₅ (N60); tratamiento 4- fertilización con 120 Kg/ha de N + 40 Kg/ha de P₂O₅. Estos tratamientos se instalaron en los bloques 1, 2, 3 y 4.

La siembra con *Lotus tenuis* y *Trifolium pratense* se realizó a principios de otoño del 2018. La fertilización nitrogenada fue realizada con una fuente amoniacal siendo el fertilizante utilizado urea granulada, aplicado a dos medias dosis, una a principios de otoño y otra a principios de invierno. Además, estos tratamientos recibieron una aplicación de 100 Kg/ha de 7-(40/40)-0 + 4% S.

En el experimento se realizó control de malezas utilizando rotativa a principios del otoño.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el experimento se utiliza el diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde hay cuatro repeticiones por cada tratamiento.

Cada bloque del experimento fue dividido en 4 parcelas donde cada tratamiento fue distribuido al azar en cada parcela. El área promedio de cada parcela fue de 0,75 hectáreas para los tratamientos de CN y CNM y de 0,25 hectáreas para los tratamientos de N60 y N120. El área total del experimento fue de 8 hectáreas.

En la figura No. 1 se muestra cómo fue distribuido el experimento en el espacio y cómo se distribuyeron los tratamientos dentro de las parcelas.



Figura No. 1. Imagen satelital y croquis del área experimental donde se aprecian los bloques (Bn) y los tratamientos (CN, CNm, 60 y 120)

3.4 ANIMALES EXPERIMENTALES

Se utilizaron novillos testers de raza Holando de 1,5 años de edad, con un peso promedio de 210 ± 25 Kg para el experimento 1 y 217 ± 31 Kg para el

experimento 2. Los mismos fueron asignados de forma aleatoria a los distintos tratamientos. Además, se agregaron 2 novillos volantes a los tratamientos con intensificación y 1 novillo al CN en la primavera para ajustar la oferta de forraje (OF).

Los animales fueron tratados para el parasitario, tanto al inicio como durante del experimento.

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.5.1 Manejo del pastoreo

Se utilizó el sistema de pastoreo rotativo con carga variable de forma de ajustar la oferta de forraje según la estación del año. El ciclo de pastoreo utilizados en ambos experimentos fue de 60 días, con 15 días de pastoreo y 45 de descanso.

Previo al inicio del experimento, se fijó una oferta de forraje del 8% para invierno y una oferta de forraje del 10% para primavera. De forma de lograr esta oferta asignada previamente, se utilizaron animales fijos y animales 'volantes' los cuales ingresaron a las parcelas en la primavera, cuando la oferta estaba siendo superior a las ofertas objetivo. Este método permitió que se puedan hacer comparaciones válidas entre los tratamientos.

3.5.2 Determinación de producción primaria

3.5.2.1 Materia seca presente (MSPr)

Para la estimación de la materia seca presente, se midió con un disco de aluminio calibrado de 0,1m² de área, 100 medidas de altura en las parcelas grandes (tratamiento de CN y CNM) y 50 medidas en las parcelas pequeñas (N60 y N120). Para calibrar el disco, en cada parcela se realizaron 5 cortes a nivel del suelo de un área de 0,1m², con tijera de tusar sin retirar el mantillo. Estos cortes se realizaron a razón de distinta altura del disco calibrado para obtener una escala. Los mismos fueron secados en estufa a 65°C durante 72 horas hasta obtener un peso constante. Una vez pesada la MS se realizó una regresión para poder estimar la materia seca presente en cada parcela. Luego de obtenida la regresión, se sustituye "x" (altura promedio de la parcela) en la función $Y=a+bx$ para obtener la MS presente en cada momento de medición (Barcellos, 1990).

3.5.2.2 Relación verde/seco del material disponible y remanente

A cada una de las 40 muestras extraídas del experimento en cada medición (20 de disponible y 20 de remanente) se las paso a separar de forma manual el material verde del material senescente o seco. Una vez separado el verde del seco, se las llevó a estufa a 65°C por 72 horas de forma separadas para obtener cuanta MS verde había en cada uno de los cortes. Luego de tener el peso de cada una de las muestras, se hicieron regresiones para obtener las ecuaciones que generan la información de la MS disponible verde y MS remanente verde.

3.5.2.3 Materia seca total producida (PMST) y materia seca verde producida (PMSV)

La materia seca producida corresponde con la suma de forraje producido en un ciclo de pastoreo. Para obtener este dato, a la materia seca presente al inicio de cada pastoreo (disponible), se le restó la materia seca remanente del periodo anterior de la misma parcela. Luego, a esa diferencia se le sumó la materia seca producida en el periodo de pastoreo (tasa de crecimiento*días de pastoreo, Campbell, 1966).

3.5.2.4 Tasa de crecimiento diaria (TC)

Para obtener la tasa de crecimiento diaria, se le restó a la materia seca presente al inicio del pastoreo, la materia seca remanente del periodo anterior (de la misma parcela) y luego se dividió entre los días de descanso de la pastura (Campbell, 1966).

3.5.2.5 Tasa de crecimiento verde (TCV)

Para obtener la tasa de crecimiento verde diaria, se le restó a la materia seca verde presente al inicio del pastoreo, la materia seca remanente verde del periodo anterior (de la misma parcela) y luego se dividió entre los días de descanso de la pastura.

3.5.2.6 Materia seca total (MSTD) y materia seca verde disponible (MSVD)

La materia seca disponible se calculó sumando el crecimiento de la pastura en los días de pastoreo (tasa de crecimiento*días de pastoreo) a la materia seca presente al inicio del pastoreo (Campbell, 1966).

3.5.2.7 Materia seca total (MSTR) y materia seca verde remanente (MSVR)

La materia seca remanente se obtuvo mediante la medición de la materia seca presente al final de cada pastoreo (Campbell, 1966).

3.5.2.8 Altura de forraje disponible (Adisp) y remanente (Arem) medido con el disco

Tanto la altura del forraje disponible como la altura del forraje remanente, se obtuvieron mediante la medición con el disco calibrado de 0,1 m² de área. Se realizaron 100 medidas en las parcelas de mayor tamaño y 50 mediciones en las parcelas pequeñas.

3.5.2.9 Materia seca desaparecida (MS deap.)

Para el cálculo de este indicador, se le restó a la materia seca presente al inicio del pastoreo, la materia seca remanente al final del pastoreo en la misma parcela. En base a los kg de materia seca disponible (MSD) se halló el porcentaje de desaparecido (Des.=[kg MSDes/kg MSD]*100) (Campbell, 1966) .

3.5.3 Determinación de las variables animales

3.5.3.1 Oferta de forraje (OF)

Para el cálculo de la oferta de forraje, se dividió el disponible entre los días de ocupación para obtener la MS en kg/día y con base en el peso vivo del grupo de animales, calcular la oferta de forraje por día en Kg de MS por 100 kg de peso vivo por día (Maraschin et al., 1997).

3.5.3.2 Porcentaje de desaparición de la MS

Para calcular el % de desaparición, se le sumo al disponible, la tasa de crecimiento diaria por los días de ocupación y se le restó el remanente luego del pastoreo. A este valor se lo divide entre el disponible y la tasa de crecimiento diaria y se lo multiplica por 100 para obtener en términos porcentuales cuanto fue la utilización del forraje: desaparecido=[(kgMS Disp. + TCdiaria * días de ocupación – remanente) / (kg MSDisp.+TCdiaria * días de ocupación)]*100 (Campbell, 1966).

3.6 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

- Ho: $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4$

- H_a : al menos una de las medias de los tratamientos y/o períodos son diferente.

3.7. MODELO ESTADÍSTICO

3.7.1. Modelo estadístico de la pastura

El modelo del experimento para las distintas estaciones evaluadas corresponde a un diseño en bloques completos al azar (DBCA). Este modelo se representa como:

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

Siendo,

- Y_{ij} : variable de interés;
- μ : media general;
- τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento;
- β_j : efecto del j-ésimo bloque;
- ρ_h : efecto del h-ésimo período;
- $\rho_h \tau_i$: efecto de la interacción período*tratamiento;
- ϵ_{ij} : es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Para el experimento se llevó a cabo el análisis de varianza (ANAVA) entre tratamientos y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey, con una probabilidad de error de 10%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.2 Temperatura

Como se observa en la figura No. 1, en otoño del 2018 las temperaturas promedio mensuales, fueron mayores al promedio de los años anteriores, siendo abril donde se encontraron las mayores diferencias con $4,5^{\circ}\text{C}$. En los meses de invierno (junio, julio y agosto), se puede afirmar que la temperatura fue algo inferior cuando se compara con la serie histórica de la EEMAC, siendo en promedio $1,9^{\circ}\text{C}$ menor. La primavera y el verano se comportaron de manera similar a lo que fue el registro de temperaturas a excepción del mes de setiembre que fue algo más cálido con un registro $2,1^{\circ}\text{C}$ superior.

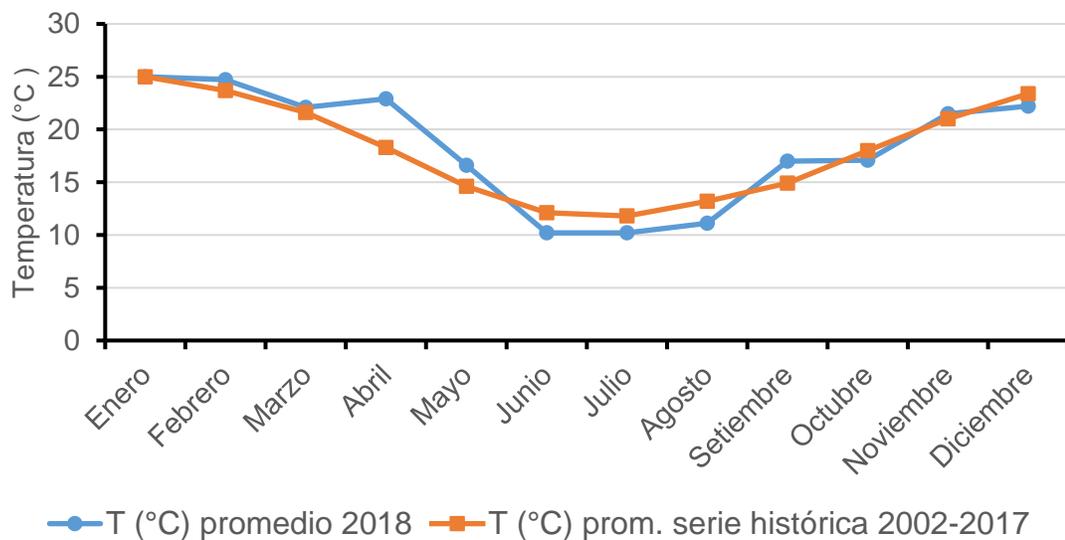


Figura No. 2. Temperatura promedio mensual del 2018 y temperatura promedio mensual de la serie histórica de la EEMAC del 2002 al 2017

4.1.2 Precipitaciones

En la figura No. 3 se puede apreciar cómo se comportaron las precipitaciones en el año del experimento y como han sido las mismas a lo largo del tiempo (2002-2017).

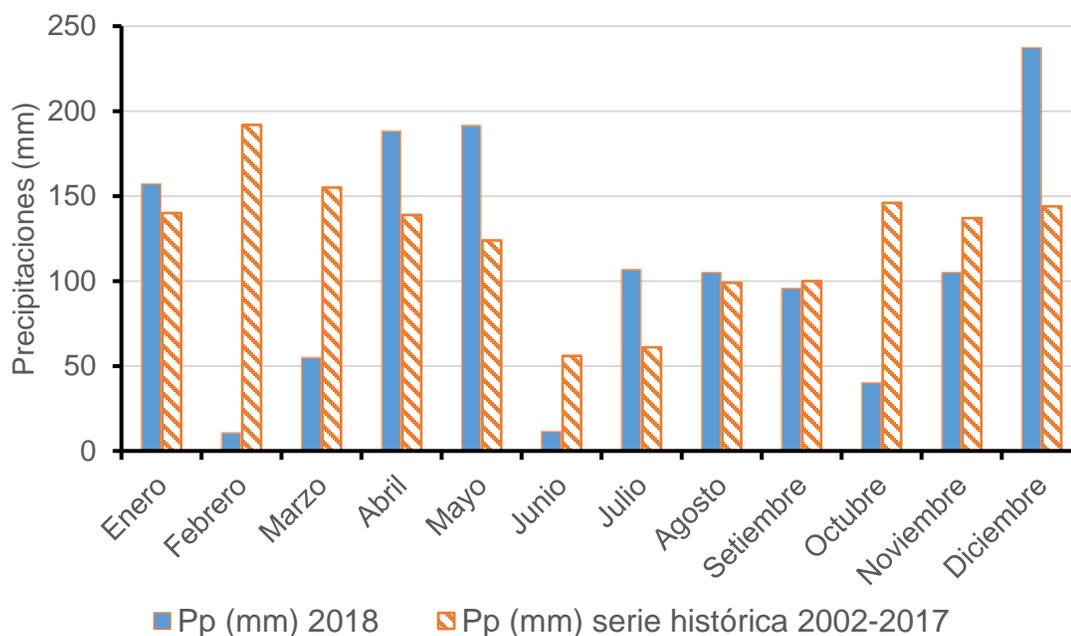


Figura No. 3. Precipitaciones de los meses del año 2018 y de la serie histórica de la EEMAC 2002-2017

El 2018 se caracterizó por tener un febrero y marzo muy seco, donde se registraron 65 mm de precipitaciones en los dos meses. Por otro lado, abril, mayo y julio, las precipitaciones registradas mensuales fueron en promedio, 54 mm superiores cuando se compara con la serie histórica de la EEMAC. También se destacan los meses de junio y octubre, donde los registros del año del experimento fueron ampliamente menores, con solamente 11 mm y 40 mm respectivamente.

4.1.3 Balance hídrico

A partir del registro de precipitaciones y evapotranspiración potencial se calculó el balance hídrico del período, representado en la figura No. 4. El balance fue realizado del 1 de junio al 31 de diciembre de 2018. Teniendo en cuenta que el experimento fue realizado en suelos CONEAT 11.3 donde el agua potencialmente disponible neta es de 86 mm (Molfino, 2009), se calculó el agua almacenada. Se tomó como punto de referencia el 40% del agua potencialmente disponible neta (ADPN), debido a que, por debajo de este valor, se dificulta la absorción de agua por parte de las plantas, considerándose déficit hídrico (García Petillo, 2012). Para la evapotranspiración real (ETR) se utilizó un kc de 0,9 (Jia et al., 2009) correspondiente al índice de una pastura.

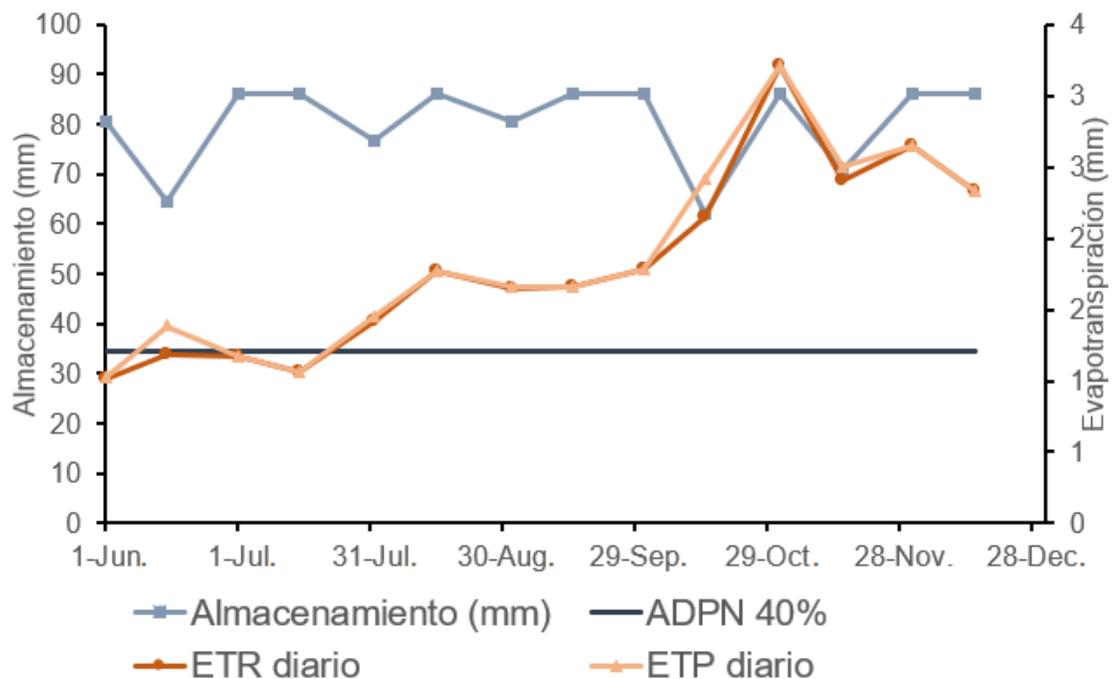


Figura No. 4. Evolución de la evapotranspiración real (ETR) y potencial (ETP) diaria del campo natural y del almacenamiento de agua en el perfil del suelo con respecto al 40% del agua potencialmente disponible (ADPN) para el año 2018

Al inicio del experimento, se registraron pocas precipitaciones, provocando así, una disminución del almacenamiento de agua en el suelo. Los siguientes meses, fueron de excedentes hídricos causado por las precipitaciones y los bajos niveles de ETR registrados en esos meses. La primera quincena del mes de octubre, se constató un claro descenso en el almacenaje de agua en el suelo ocasionado principalmente por la escasez de lluvias. A partir de mediados de octubre hasta el final del periodo de evaluación se mantuvo el almacenamiento de agua sin llegar a encontrarse por debajo del 40% de agua potencialmente disponible neta. Esto se explica porque por más que la ETR haya aumentado, los niveles de precipitaciones fueron adecuados para mantener el agua acumulada en suelo. Del balance hídrico se deduce que fue un período considerablemente bueno en términos de disponibilidad hídrica. Toda la primavera, estación del año donde se produce gran porcentaje del forraje en el campo natural, no presentó limitantes hídricas, provocando así, correcto crecimiento de las pasturas. Este crecimiento se traduce en alta tasa de crecimiento.

4.2 REGRESIONES DE LA BIOMASA TOTAL Y BIOMASA VERDE

4.2.1 Regresiones de la biomasa total invernal

Se aprecia en la figura No. 5 que todas las regresiones se ajustaron correctamente a una función de primer grado con coeficiente de determinación mayor a 0,84, y el p-valor menor a 0,05 indicando que las regresiones fueron estadísticamente significativas.

Comparando los disponibles de ambos tratamientos (CN y N) con los remanentes, se puede apreciar que los disponibles presentan una pendiente de la curva menor, siendo 276 y 290 KgMS/ha por cada cm de altura del disco para CN y N respectivamente. El aumento que se produce en los remanentes es de 368 y 444 KgMS/ha por cada cm de altura del disco para CN y N respectivamente.

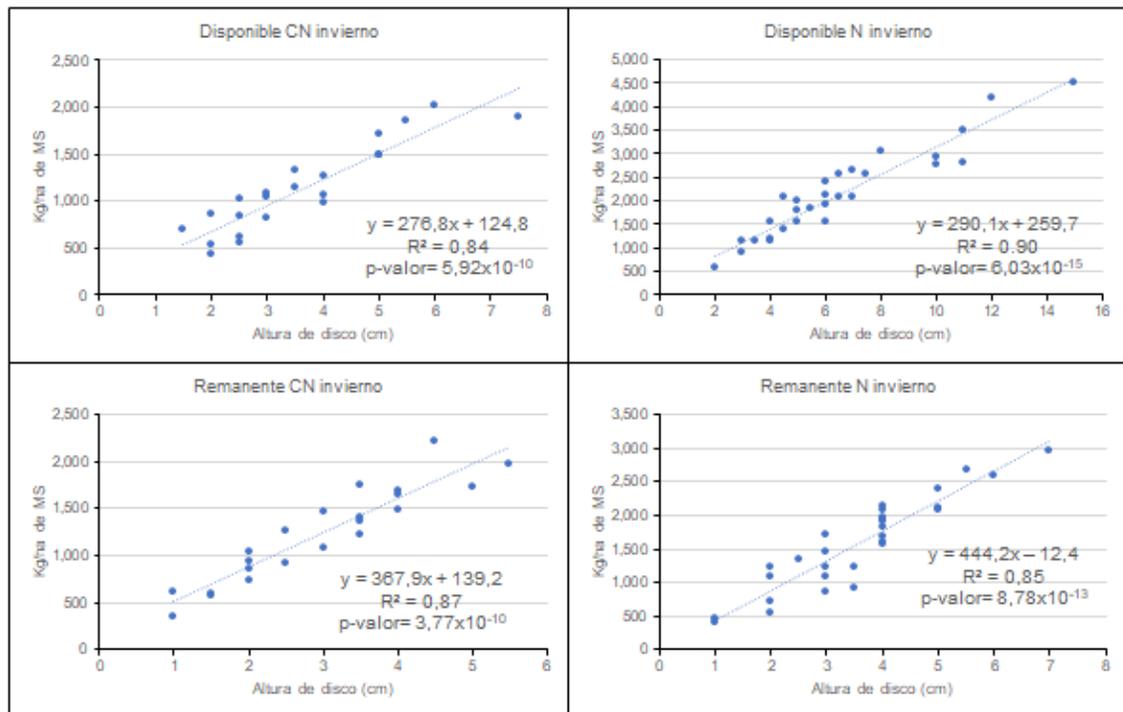


Figura No. 5. Relación entre altura (cm) del disco y kg/ha de MS disponible y remanente para invierno

La diferencia obtenida entre disponible y remanente, se podría adjudicar a que los disponibles, presentan mayor proporción de tejido vivo, provocando así, un aumento en el contenido de agua de la pastura. En cuanto al remanente, puede estar representado por mayor proporción de tejido muerto y vainas debido a la selectividad animal al momento del pastoreo, adjudicándole así, mayor

cantidad de MS por cada cm de altura del disco. Según Goncalves (2009), en los estratos más bajos de las pasturas (de 0 a 4 cm de altura) se concentra mayor % de vaina y tejido muerto, lo que coincidió con los resultados del CN y los tratamientos nitrogenados.

4.2.2 Regresiones de la biomasa verde invernal

Al observar las regresiones del campo natural (CN) de la figura No. 6, se aprecia que tanto para disponible, como para remanente el coeficiente de determinación es menor a 0,51 pero, de todos modos, siendo significativa (p -valor $<0,05$). Esta información se corresponde con la presentada por Montossi (2000), que expone que, en invierno, el campo natural presenta muy poca MS verde y la misma se distribuye en los estratos más bajos. En cuanto a los tratamientos nitrogenados, la correlación es mayor cuando se compara con el CN, y presentando buenos niveles de significancia estadística (p -valor $<0,05$).

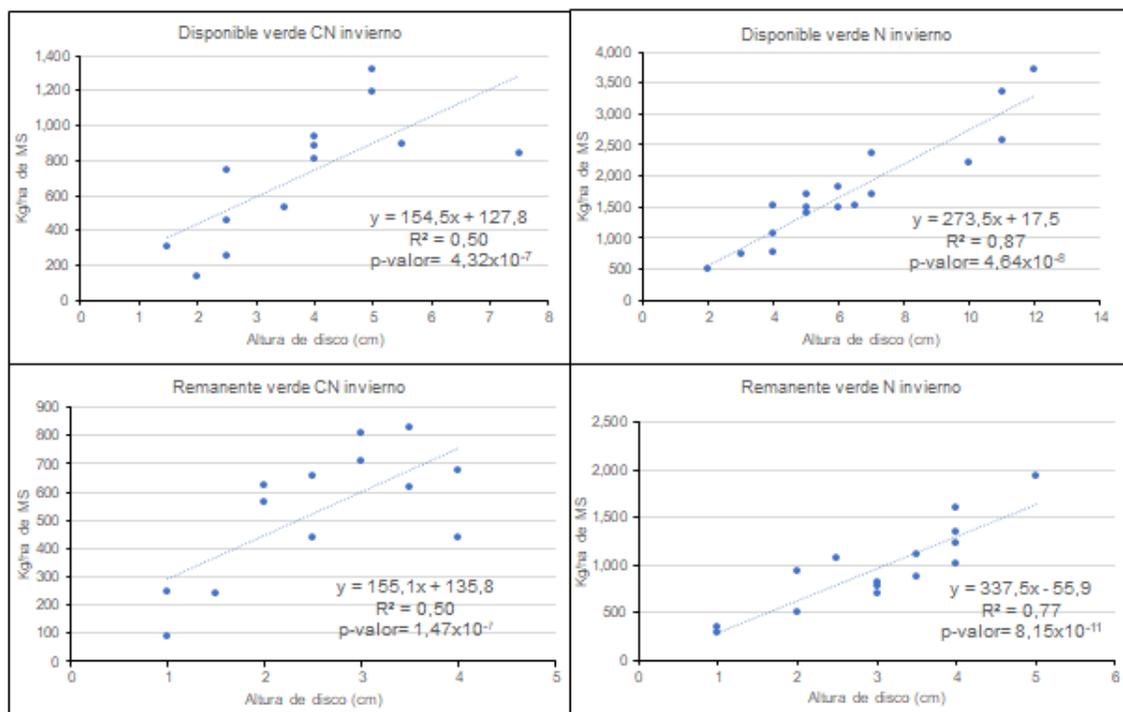


Figura No. 6. Relación entre altura (cm) del disco y kg/ha de MS disponible y remanente verde para invierno

También se puede apreciar que el remanente para los tratamientos nitrogenados, presentaron mayores pendientes para la regresión. Esto se debe a que, con el pastoreo, se retiran los estratos mayores de la pastura, que presentan mayor contenido de agua asociados a un mayor contenido de hojas,

quedando los estratos inferiores los cuales son más densos y con mayor contenido de tallos.

4.2.3 Regresiones de la biomasa total primaveral

Al observar las regresiones de la figura No. 7, se puede apreciar un alto coeficiente de determinación para los tratamientos como para disponible y remanente. En primavera, el campo natural presenta mayor pendiente de la curva para disponible (303 kg/ha de MS por cm de disco) y también al remanente (292 kg/ha de MS por cm de disco), cuando se compara con los tratamientos nitrogenados (212 y 248 kg/ha de MS por cm de disco respectivamente). Esta diferencia está determinada porque en la primavera, los tratamientos nitrogenados presentaron gran proporción del área cubierta por *Lolium multiflorum* (Lubertiaga y Robuschi, 2019), el cual presenta mayor contenido de agua en los tejidos cuando se compara con la cobertura del campo natural (Cejas, 2016).

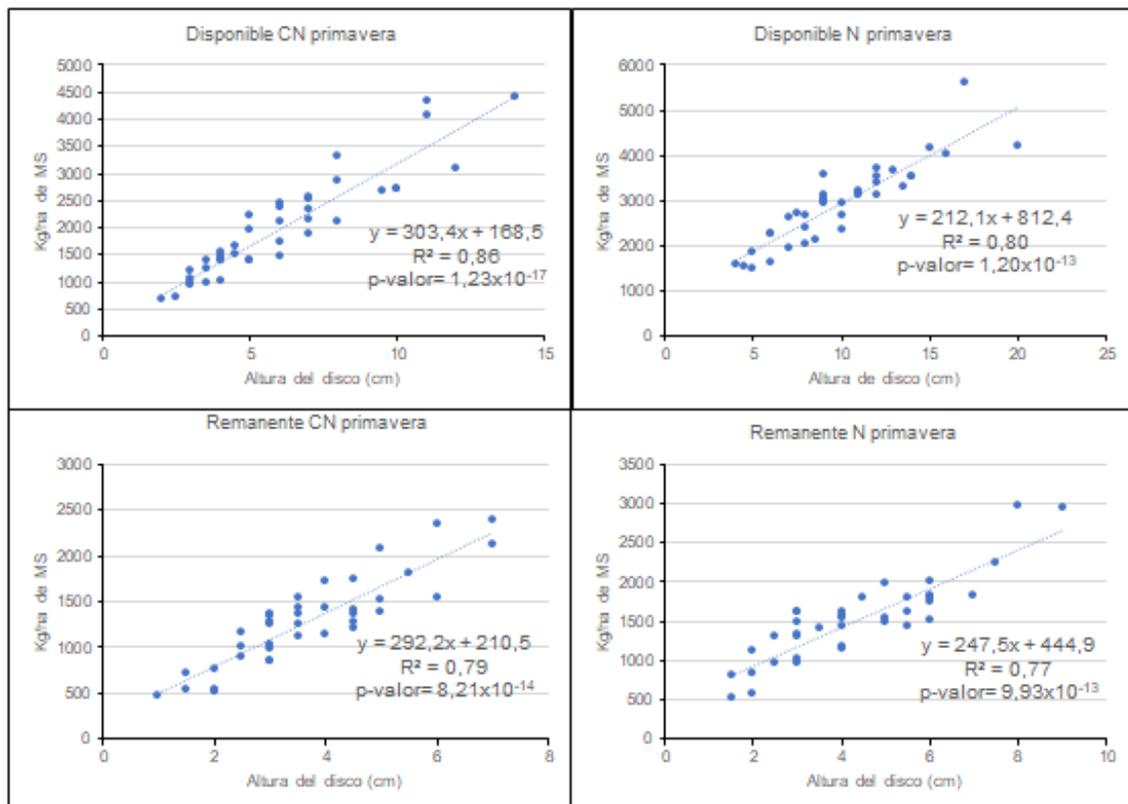


Figura No. 7. Relación entre altura (cm) del disco y kg/ha de MS disponible y remanente para primavera

La diferencia encontrada entre disponible y remanente (212 y 247 kg/ha de MS por cm de disco respectivamente) en tratamientos nitrogenados, se atribuye a que al pastorear se retira mayor proporción de lámina, dejando más cantidad de vaina en el remanente, el cual presenta mayor contenido de MS que la lámina (Goncalves, 2009).

4.2.4 Regresiones de la biomasa verde primaveral

Al observar la figura No. 8, se observa una alta asociación entre los factores. También se deduce que sucede algo similar a lo que ocurrió con el total de la MS en primavera. La pendiente de la curva de CN tanto para disponible como para remanente fue mayor a la del tratamiento nitrogenado. Además, para el tratamiento nitrogenado, la curva presenta mayor pendiente para el remanente, lo que se debe a que, al pastorear, se retira la lámina de las gramíneas, dejando más vaina y restos secos que presentan mayor % MS.

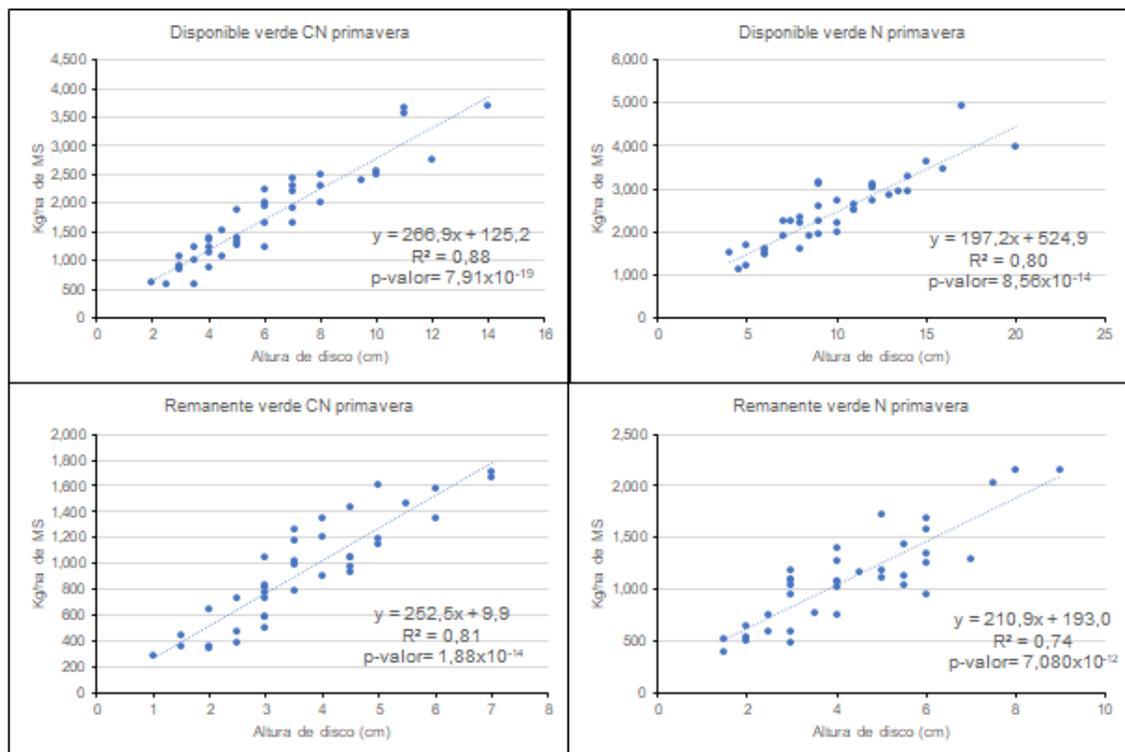


Figura No. 8. Relación entre altura (cm) del disco y kg/ha de MS disponible y remanente verde para primavera

4.3 SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN PRIMARIA

En el cuadro No. 1 se aprecia la significancia estadística de las mediciones realizadas en producción primaria. Se evalúa la significancia del efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento*período; y los tres contrastes sobre: MSTD, MSVD, A disp., MSTR, MSVR, A rem., MS desap, MS prom., PMST, PMSV, TC y TCV, para todo el período de evaluación del experimento.

Cuadro No. 1. Resumen de la significancia estadística de las variables medidas de producción primaria para los factores e interacción estudiados

Variable	Efecto trat.	Efecto período	Efecto trat.*período	Contraste		
				1	2	3
MSTD	**	**	N/S	**	**	N/S
MSVD	**	**	N/S	**	**	N/S
A disp.	**	**	N/S	**	**	N/S
MSTR	**	**	N/S	**	**	N/S
MSVR	**	**	N/S	**	**	N/S
A rem.	**	**	N/S	**	**	N/S
MS desap.	*	*	N/S	**	N/S	N/S
MS prom.	**	**	N/S	**	**	N/S
PMST	N/S	**	**	**	N/S	N/S
PMSV	N/S	**	*	N/S	*	N/S
TC	**	**	**	**	N/S	N/S
TCV	*	**	*	*	*	N/S

* Significativo al 0,1; ** significativo al 0,05; N/S: no significativo

Se evalúa la significancia del efecto del tratamiento, el efecto del período, el efecto de tratamiento*período y los tres contrastes (1=CN vs. otros tratamientos; 2=CNm vs. tratamientos nitrogenados; 3=N 60 vs. N 120)

Del cuadro No. 1, se observa que, en cuanto al efecto del tratamiento, todas las variables, a excepción de la PMST y PMSV, tuvieron significancia estadística. En cuanto, al observar el efecto del período, todas las variables fueron significativas, y en todos los casos, a excepción de la MS desap., fue significativa al 5%. En cuanto a la interacción del tratamiento*período, no se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables, a excepción de la PMST y TC, donde si hubo significancia. Para la PMST y TC se realizará un análisis de la respuesta de los tratamientos para los distintos períodos.

Para obtener mayor información de los tratamientos y las diferencias y/o similitudes entre ellos, se realizó un análisis por contrastes ortogonales para

todas las variables. Con los contrastes, se encontraron diferencias significativas del campo natural con el resto de los tratamientos (contraste 1) en todas las variables, menos para PMSV. El segundo contraste (CNm comparado con los tratamientos nitrogenados), fue significativo para casi todas las variables, menos para MS desap., PMST y TC. En el caso de la comparación entre los tratamientos nitrogenados, para ninguna de las variables, se encontraron diferencias significativas, siendo de forma estadística, iguales los tratamientos.

Todos los puntos mencionados en esta sección, serán analizados y discutidos, exponiendo los resultados en los siguientes capítulos de la tesis.

4.4 DISPONIBLE

El análisis de la varianza de la materia seca disponible, muestra que hubo diferencia significativa entre los tratamientos, tanto para la MS total, como para la MS verde y la altura promedio del disponible (p -valor=0,0005; 0,0023 y 0,0001 respectivamente). Al comparar los tratamientos en todo el período, se observa un aumento en valores absolutos en producción tanto para materia seca total, como para materia seca verde, a medida que aumenta la intensificación de campo natural. También se puede observar un aumento en la altura de la pastura a medida que aumenta la intensificación del campo natural.

Cuadro No. 2. Disponible en kg/ha de MS total, kg/ha de MS verde y altura en cm promedio del total del período

Tratamiento	Media MS total	Media MS verde	Altura promedio
CN	1595 C	1259 C	4,78 C
CNm	2047 BC	1603 BC	6,29 BC
N60	2476 AB	2078 AB	8,30 AB
N120	2775 A	2295 A	9,78 A

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

En promedio los tratamientos nitrogenados durante todo el periodo, alcanzaron un disponible de 1030,6 kg de MS por encima del disponible alcanzado por el CN, lo que significa un 64% de incremento en la producción de MS. Al analizar la MS verde, el promedio de los tratamientos nitrogenados durante todo el período en comparación con la producción de MS verde del CN, la producción aumento 927,3 kg de MS, lo que significa un aumento del 73,6%.

Con respecto a la altura y analizando el promedio de los tratamientos nitrogenados en comparación al campo natural, se puede observar que, con la utilización del nitrógeno, la altura de los tratamientos nitrogenados fue 4,26 cm por encima del campo natural, lo que significa un aumento de 89%.

4.4.1 Contrastes ortogonales

Los contrastes ortogonales se realizaron para el total del experimento, sin diferenciar entre los períodos, debido a la carencia de significancia de la interacción trat*período (cuadro No. 1). En relación a los tratamientos se compara: i) CN versus los otros tres tratamientos, ii) CNm versus ambos tratamientos nitrogenados y iii) N 60 versus N 120.

Como se puede observar en el cuadro No. 3 en los contrastes de CN vs. otros tratamientos, así como en el contraste de CNm vs. nitrogenados se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos contrastados. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas al contrastar entre los tratamientos nitrogenados.

Cuadro No. 3. Contrastes ortogonales para la MS total disponible total en kg/ha

Contraste MS total	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)2512,67	0,0005
CNm vs. nitrogenados	(-)1157,67	0,0162
N60 vs. N120	(-)299,5	0,2644

Analizando los resultados, se puede observar que el campo natural produjo 2512.67 kg de MS menos que el promedio de los restantes tratamientos, con un p-valor de 0.0005. Al comparar el CNm con los nitrogenados, el CNm estuvo 1157.67 kg de MS por debajo del promedio de los tratamientos nitrogenados, con un p-valor de 0.0162. Los tratamientos nitrogenados no presentaron diferencias significativas.

Al analizar los valores del cuadro 4, se puede concluir que el CN produjo 2198,5 kg de MS verde menos que el promedio de los otros tratamientos, con un p-valor de 0,0022.

Cuadro No. 4. Contrastes ortogonales para la MS disponible verde en kg/ha

Contraste MS verde	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)2198,5	0,0022
CNm vs. nitrogenados	(-)1166,75	0,0178
N60 vs. N120	(-)217,58	0,4261

En el segundo contraste se comparó el CNm en comparación al promedio de los tratamientos nitrogenados, donde el CNm produjo 1166,8 kg de MS verde menos que el promedio de los tratamientos nitrogenados, con un p-valor de 0,0178. Y por último se realizó la comparación entre los tratamientos nitrogenados donde no hubo significancia al presentar un p-valor de 0,4261.

Cuadro No. 5. Contrastes ortogonales para la altura promedio disponible en cm

Contraste altura promedio	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)10,05	0,0002
CNm vs. nitrogenados	(-5),52	0,0027
N60 vs. N120	(-)1,48	0,1385

Se puede observar que el CN presenta una altura de 10,05 cm menos que el promedio de los restantes tratamientos, con un p-valor de 0,0002. Al contrastar el tratamiento CNm contra el promedio de los nitrogenados, se observó que el CNm está 5,52 cm por debajo que el promedio de la altura de los tratamientos nitrogenados, con un p-valor de 0,0027. Al igual que en los anteriores contrastes presentados, no hubo significancia al contrastar los tratamientos nitrogenados, en este caso con un p-valor de 0,1385.

4.4.2 Disponible por período

Al comparar los períodos, para las mediciones de MS total, MS verde y altura promedio, se encontraron diferencias (p-valor < 0,05).

Cuadro No. 6. Disponible de MS total, MS verde y altura promedio, promedio de los tratamientos para los tres períodos de evaluación

Período	Media MS total	Media MS verde	Altura promedio
Primavera	2841 A	2397 A	10,46 A
Invierno-primavera	2172 B	1810 B	7,05 B
Invierno	1656 C	1219 C	5,15 C

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

Para los tres períodos, se delata una marcada estacionalidad, donde en primavera se obtuvo mayor disponible de MS tanto para el total, como para la MS verde, que, a su vez, se vio reflejada en la altura promedio. Al comparar entre periodos, se observa que, en primavera, para la MS total, hubo un aumento del 72%, al compararlo con el invierno. Mientras que, para MS verde y altura, el aumento fue de 96,5% y 103,1% respectivamente, para el periodo mencionado anteriormente.

4.5 REMANENTE

Al analizar los remanente post pastoreo, muestra que hubo diferencia significativa entre los tratamientos, tanto para la MST, como para la MSV y la altura promedio del remanente (p -valor=0,016; 0,016 y 0,015 respectivamente). Al comparar los tratamientos en todo el periodo, se evidencia un claro aumento en producción, en valores absolutos, a medida que aumenta la intensificación de campo natural, encontrándose diferencias significativas del tratamiento N 120 con el campo natural mejorado y el testigo, para todas las variables.

Cuadro No. 7. Efecto de los distintos tratamientos en MST, MSV y altura promedio de los remanentes, para el total del período

Tratamiento	Media MS total	Media MS verde	Altura promedio
CN	1344 B	880 B	3,52 B
CNm	1452 B	953 B	3,88 B
N 60	1692 AB	1229 AB	4,86 AB
N 120	1994 A	1472 A	6,00 A

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

En promedio, los tratamientos nitrogenados, dejaron un remanente de MS total de 499 kg/ha mayor cuando se compara con el campo natural, lo que significa un 37% superior. La mayor diferencia se encontró en la MS verde remanente, donde en promedio, los tratamientos nitrogenados, fueron 470 kg/ha de MS mayor al compararlo con el campo natural, siendo un 53,4% superior al testigo. Al evaluar la altura promedio de los tratamientos en todo el periodo, se deduce que los tratamientos nitrogenados, en promedio, fueron 1,9 cm frente al campo natural, esto significa un aumento del 54%. Para los tres datos evaluados, el campo natural mejorado se posicionó por encima del testigo y siempre por debajo del campo natural fertilizado con nitrógeno.

4.5.1 Contrastes ortogonales

Los contrastes ortogonales se realizaron para el total del experimento, sin diferenciar entre los períodos. En relación a los tratamientos se compara: i) CN versus los otros tres tratamientos, ii) CNm versus ambos tratamientos nitrogenados y iii) N 60 versus N 120.

Como se aprecia en el cuadro No. 8, en la primera y segunda comparación (CN vs. otros trat.; CNm vs. nitrogenados) hay diferencias

significativas, mientras que entre el tratamiento N 60 y N 120 no se encontraron diferencias significativas.

Cuadro No. 8. Contrastes ortogonales de la MS remanente total

Contraste MS total	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)1107	0,028
CNm vs. nitrogenados	(-)781	0,028
N 60 vs. N 120	(-)303	0,134

En remanente de MS total, el campo natural fue el que presentó los menores resultados, encontrándose en promedio 1107 kg/ha menos de MS que los otros tratamientos (p-valor=0,028). Para el caso del CNm, se observa que fue 781 kg/ha de MS menor, en promedio, que los tratamientos nitrogenados (p-valor=0,028). La diferencia encontrada entre los tratamientos nitrogenados no fue significativa (p-valor=0,134).

Cuadro No. 9. Contrastes ortogonales de la MS remanente verde

Contraste MS verde	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)1014	0,037
CNm vs. nitrogenados	(-)795	0,022
N 60 vs. N 120	(-)243	0,212

En los contrastes del cuadro No. 9, al igual que en los contrastes anteriores, no se encontraron diferencias significativas en la comparación de los tratamientos nitrogenados (p-valor=0,212), pero si hubo diferencias significativas en los otros dos contrastes.

Para el caso de la MSV remanente, se aprecia que el CN fue 1014 Kg/ha de MS menor que los otros tratamientos en promedio. También, el CNm tuvo un remanente de MS verde de 795 Kg/ha menor que los tratamientos nitrogenados en promedio. Si bien no hubo diferencia significativa entre los tratamientos nitrogenados, el tratamiento con 60 Kg/ha de nitrógeno (N 60), presentó valores menores en términos absolutos.

En los contrastes ortogonales para la altura (cuadro No. 10), mantuvo comportamiento similar a los otros contrastes del remanente, sin encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos nitrogenados (p-valor=0,153), pero si encontrándose diferencias en los otros contrastes.

Cuadro No. 10. Contrastes ortogonales para la altura de disco (cm) promedio del remanente

Contraste altura media	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)4,18	0,037
CNm vs. nitrogenados	(-)3,10	0,030
N 60 vs. N 120	(-)1,14	0,153

El campo natural, presentó una altura media 4,18 cm menor que los otros tratamientos en promedio. Al comparar el CNm con los tratamientos nitrogenados, se aprecia cómo la altura del remanente fue 3,10 cm menor en promedio. Los tratamientos nitrogenados, no presentaron diferencias significativas en la altura del remanente.

4.5.2 Remanente por período

Al comparar los períodos, para las mediciones de MS total, MS verde y altura promedio, se encontraron diferencias significativas entre períodos en las tres variables (p-valor < 0,05).

Cuadro No. 11. Remanente de MS total, MS verde y altura promedio, del promedio de los tratamientos para los tres períodos de evaluación

Período	Media MS total	Media MS verde	Altura promedio
Primavera	2209 A	1617 A	7,49 A
Invierno-primavera	1497 B	1077 B	4,26 B
Invierno	1155 B	707 C	2,67 C

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

Para las tres mediciones, se delata una marcada estacionalidad, donde en primavera fue donde se obtuvo mayor remanente de MS tanto para el total, como para la MS verde, que, a su vez, se vio reflejada en la altura promedio (cuadro No.11). Únicamente en la MS total, no hubo diferencia significativa entre el periodo de invierno-primavera con el de invierno, mientras que, en las otras mediciones, si hubo diferencia significativa entre los tres períodos. Al comparar entre períodos, se aprecia que, en primavera, para la MS total, hubo un aumento del 91% con respecto al invierno, mientras que la mayor diferencia en términos porcentuales se encontró en la MS verde y la altura promedio, donde se registró un aumento 128% y 105% respectivamente. Los mayores remanentes corresponden a los mayores disponibles.

4.6 MATERIA SECA

4.6.1 Materia seca desaparecida

Para lograr un correcto análisis, se pasó a realizar los contrastes ortogonales entre los tratamientos, ya que no se encontraron diferencias entre los tratamientos en el test de Tukey. En el cuadro No. 12, se puede apreciar como únicamente el CN fue significativamente distinto a los otros tratamientos (p -valor=0,016), pero al comparar el CNm con los nitrogenados, o dentro de los nitrogenados, no se encuentran diferencias significativas (p -valor<0,05).

Cuadro No. 12. Contrastes entre tratamientos para la MS total desaparecida (kg/ha) durante el período de pastoreo

Contraste MS desaparecida	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)1834	0,016
CNm vs. Nitrogenados	(-)501	0,337
N 60 vs. N 120	(-)9	0,977

Hay una clara diferencia entre el CN con el resto de los tratamientos, donde se aprecia que el material desaparecido fue sustancialmente menor que los otros tratamientos. Esto se explica porque la MS del CN, se encuentra menos accesible al compararlo con los otros tratamientos. El CNm, como los tratamientos nitrogenados, al presentar mayor disponibilidad de nitrógeno en suelo, ya sea por incorporación directa o indirecta, las gramíneas presentan mayor crecimiento, provocando así, una mayor desaparición de la MS.

Los resultados de MS disponible, se corresponden con el desaparecido de la MS, ya que los tratamientos con mayor intensificación, presentaron mayor utilización del forraje (cuadro No. 22). Además, el mayor disponible, por más que obtuvo mayor utilización, siempre presentó mayores remanentes (cuadro No. 7), provocando así, una disminución de la tasa de crecimiento y producción neta de materia seca para todo el período (cuadro No. 16)

4.6.1 Materia seca promedio del periodo de ocupación de pastoreo

Las diferencias encontradas en la MS promedio del periodo de ocupación de pastoreo fueron entre tratamientos (p -valor=0,0006) y entre períodos (p -valor<0,0001), mientras que en la interacción tratamiento*período no fue significativa la interacción (cuadro No. 1). En el cuadro No. 13, se aprecian las diferencias encontradas entre los tratamientos en todo el período.

Se observa como el CN fue el que menos MS promedio presentó durante el período de ocupación de pastoreo. También se aprecia como hay un aumento de la MS promedio a medida que aumento la intensificación del CN, siendo el tratamiento de N 120 el de mayor producción de MS.

Cuadro No. 13. Disponible promedio en MS total (kg/ha) durante el período de ocupación del pastoreo por tratamiento

Tratamiento	MS promedio
CN	1466 C
CNm	1750 BC
N 60	2084 AB
N 120	2384 A

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

Al comparar los períodos se puede concluir que, en primavera, fue el período de mayor disponible de MST, mientras que los otros períodos, fueron inferiores, siendo el invierno, el período de menor producción, siempre con diferencias significativas (cuadro No. 14). El período primaveral, fue 80% mayor en términos de disponible de MST durante el período de pastoreo. El período de invierno-primavera fue 30% mayor cuando se compara con el período invernal.

Cuadro No. 14. Disponible promedio en MS total por período

Período	MS promedio
Primavera	2525 A
Invierno-primavera	1835 B
Invierno	1406 C

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

En el cuadro No.15, se presentan los contrastes realizados para la MS promedio durante el período de ocupación. Se puede observar que los contraste que presentaron diferencias significativas fueron dos: el del CN vs. otros tratamientos y el del CNm vs. nitrogenados. El contraste entre los tratamientos nitrogenados no presentó diferencias significativas ($p\text{-valor}=0,15$). Cuando se compara entre los tratamientos, se puede ver la gran diferencia que provoca la intensificación del campo natural.

Cuadro 15. Contrastes ortogonales del disponible promedio en MST (kg/ha) de los períodos de ocupación

Contraste MS promedio	Contraste	P-valor
CN vs. otros trat.	(-)1810	0,001
CNm vs. nitrogenados	(-)970	0,010
N 60 vs. N 120	(-)301	0,15

4.7 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y TASA DE CRECIMIENTO

En la siguiente sección se analiza el efecto de los niveles crecientes de intervención en el campo natural sobre la producción neta de materia seca (total y verde) y de la tasa de crecimiento (total y verde). Además, se analiza la respuesta de las variables en todo el período experimental, así como en los períodos de forma separada. Estas variables se analizan de esta manera debido a que fueron las únicas que presentaron significancia en la interacción del efecto tratamiento*período (cuadro No. 1).

4.7.1 Total del período

En cuanto a la producción de materia seca (cuadro No. 16), el tratamiento que obtuvo numéricamente mayor producción de MS fue el campo natural mejorado (sin presentar diferencias significativas con los tratamientos nitrogenados), seguido por 120 N, 60 N y por último el campo natural. Al igual que un experimento realizado por Escostegui, citado por Moojen y Maraschin (2002), donde tratamientos con remanentes similares a los obtenidos por los tratamientos nitrogenados, presentan producciones de materia seca menores, que cuando los remanentes son menores, donde la producción neta de materia seca y la tasa de crecimiento se maximizan.

Cuadro No. 16. Producción de materia seca total, producción de materia seca verde, tasa de crecimiento total y tasa de crecimiento verde según tratamiento para todo el período

	CNM	120 N	60 N	CN
PMST	5292,5 A	4656,25 AB	4097,5 AB	2737 B
PMSV	5722,75 A	4328,75 AB	3949,25 B	3523,25 B
TC	27,9 A	24,2 AB	22,9 AB	13,5 B
TCV	33,0 A	25,8 AB	22,6 AB	18,4 B

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

También se deduce que el campo natural mejorado (CNM) fue 93% superior de lo que fue el testigo (CN) cuando se compara la producción de materia seca total. Al comparar la producción verde, este dato es menor, siendo 62,4% superior el CNM al testigo. Los tratamientos nitrogenados, presentan valores mayores que el testigo, pero sin llegar a ser tan notoria la diferencia. Por más que se hayan encontrado diferencias en términos absolutos, al realizar el análisis de la varianza de la producción de materia seca total y verde, el p-valor fue mayor a 0,1.

Al evaluar la tasa de crecimiento del experimento se observa cómo se comporta de manera similar a la producción neta de materia seca. Tanto como para la TC total como la TC verde. El tratamiento que obtuvo los mayores valores fue el tratamiento de campo natural mejorado, seguido por 120 N, 60 N (sin diferencias significativas) y por último el campo natural. La TC se ajustó correctamente a una función cuadrática para niveles crecientes de forraje remanente, provocando así, una disminución en la tasa de crecimiento de los tratamientos nitrogenados. Estos resultados también fueron obtenidos por Moojen y Maraschin (2002), donde aseguran que la tasa de crecimiento se ajusta a una función cuadrática ($p\text{-valor} < 0,017$). Además, obtuvieron tasas de crecimiento máximas cuando los remanentes fueron entre 1300 y 1480 Kg Ms/ha. Para remanentes de 2000 kg/ha de MS, la tasa de crecimiento disminuye notoriamente. La TC encontradas con el agregado de N se asemejan a las obtenidas por Boggiano et al. (2000), quienes con bajas ofertas, similares a las de este trabajo (cuadro No. 21), y fertilizaciones de N entre 170 y 200 Kg/ha obtuvieron crecimientos anuales de 20 kg/ha/día de MS.

4.7.1.1 Contrastes ortogonales

Para la PMST, al realizar los contrastes ortogonales entre los distintos tratamientos, no se encontró significancia en los contrastes 2 y 3 ($p\text{-valor} > 0,1$). Donde sí se encontró diferencias significativas fue en la comparación del testigo frente al promedio de los otros tres tratamientos (contraste 1), donde se ve que fue 1945 kg/h de MS a menor la producción neta de materia seca del testigo.

Con respecto a la producción de materia seca verde, a diferencia del contraste de la PMST, se observa que la diferencia encontrada fue entre el CNm y los tratamientos nitrogenados, siendo el mismo, mayor al promedio de los tratamientos nitrogenados en 1583,8 kg/ha de MS ($p\text{-valor} = 0,083$). Además, el contraste 1 también fue significativo ($p\text{-valor} = 0,042$), siendo el testigo 1143,7 kg/ha de MS menor que el promedio de los restantes tratamientos.

Comparando los tratamientos, se puede observar como el testigo (CN), se presenta significativamente menor tanto para TC como para TC verde, con

diferencias de 11,5 y 8,8 kg/ha/día de MS respectivamente. Con respecto al campo natural mejorado, al compararlo con los tratamientos nitrogenados (contraste 2), se observa cómo no presenta significancia para la TC total, mientras que si se apreciaron diferencias significativas para la TC verde en este contraste (8,8 kg/ha/día de MS).

4.7.2 Período invernal

No se observaron diferencias significativas en la producción de MS total ni en la producción de MS verde con (p-valor=0.1149 y 0.7183 respectivamente), como tampoco en la TC (p-valor=0.3694), ni tampoco en la TC verde (p valor=0.7219) entre los tratamientos en invierno.

Cuadro No. 17. Producción de forraje en materia seca total (PMST) y materia seca verde (PMSV) en kg/ha y tasa de crecimiento total (TC) y crecimiento verde (TCV) en kg/ha/día de MS, para el período invernal según tratamientos

	CN	CNM	N60	N120	contrastes		
					1	2	3
PMST	229 A	241,8 A	1006,3 A	1232 A	N/S	*	N/S
PMSV	631,7 A	752 A	1127,3 A	1270,7 A	N/S	N/S	N/S
TC	1,9 A	5,4 A	11,5 A	14,1 A	N/S	N/S	N/S
TCV	8,5 A	10,9 A	17,1 A	18,8 A	N/S	N/S	N/S

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

Los resultados obtenidos coinciden con la respuesta encontrada por Bottaro y Zavala (1973), Pirez (2012), para el periodo invernal, sobre el efecto del agregado de N al campo natural. En ambos casos no se encontraron aumentos marcados en la producción de MS para los tratamientos fertilizados.

También son coincidentes con los resultados de Berretta (1998), donde la tasa invernal de las tratamientos con nitrógeno y fósforo duplican la del CN.

La tasa de crecimiento de la pastura está fuertemente relacionada con las condiciones ambientales, colocando a la temperatura como el factor al cual

las plantas responden de forma más espontánea (Colabelli et al., 1998). La baja TC y la producción de MS del periodo puede ser explicada por las bajas temperaturas, heladas y excesos hídricos registrados durante el periodo invernal.

4.7.2.1 Contrastes ortogonales

El análisis por contrastes ortogonales de los tratamientos para este periodo mostró diferencia significativa en la PMST, donde se observa que los tratamientos con agregado de nitrógeno en su promedio fueron superiores al tratamiento campo natural mejorado. Según los contrastes el CNM produjo 877 kg de MS menos que el promedio de los tratamientos nitrogenados para el periodo invernal.

4.7.3 Período invierno-primavera

Se describen a continuación los datos de producción neta de materia seca y tasa de crecimiento del período invierno-primavera. Período que abarca del 27/08/2018 al 23/10/2018.

Cuadro No. 18. Producción de forraje en materia seca total (PMST) y materia seca verde (PMSV) en kg/ha y tasa de crecimiento total (TC) y crecimiento verde (TCV) en kg/ha/día de MS, para el período invierno-primavera según tratamientos

	CN	CNM	N60	N120	Contrastes		
					1	2	3
PMST	1646,8 A	2437 A	2694 A	2915 A	*	NS	NS
PMSV	1820,5 A	2545 A	2529,3 A	2807,5 A	NS	NS	NS
TC	22,1 B	38,8 AB	48,6 A	53,40 A	**	NS	NS
TC liq.	30,5 A	43,7 A	41,58 A	46,2 A	NS	NS	NS

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

No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la producción de materia seca, tanto total como verde (p -valor=0,31 y p -valor=0,44 respectivamente). Esto es explicado por una gran variabilidad en los registros de un mismo tratamiento, lo que se ve reflejado en un alto coeficiente de variación (CV: PMST =39,8%; PMSV=35,5%). En cuanto a

la tasa de crecimiento, si se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p -valor=0,013), mientras que para la TC verde, no (p -valor=0,4).

Estos resultados son atribuidos a que este período abarcó el final del invierno y el principio de la primavera, considerado así, un período bisagra entre ambas estaciones. En el mes de setiembre, se registraron temperaturas por encima de la media histórica (figura No. 3), que combinado con la fertilización nitrogenada permitieron de forma simultánea aumentar la tasa de aparición y elongación foliar, por ende, la tasa de crecimiento (Colabelli et al., 1998). Además, en octubre se registró un máximo en la evapotranspiración real (figura No. 4), sin tener déficit hídrico, provocando así una alta tasa de crecimiento de la pastura natural.

El comportamiento creciente en el promedio de la TC de la intensificación del campo natural esta explicado principalmente 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 (Duhalde y Silveira, 2018). Esto determinó un mayor crecimiento aérea de la pastura cuando la temperatura no fue limitante (Gastal y Lemaire, citados por Colabelli et al., 1998).

En cambio, el CNm, no presentó diferencias estadísticamente significativas con el CN, sin tener aumentos apreciables en la PMST y la TC con respecto al testigo. Estos resultados, no coinciden con los obtenidos por De Brum (2004), quien obtuvo que un mejoramiento con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* fue 2,5 y 3 veces superior a un campo natural respectivamente. La mayor diferencia de los resultados obtenidos del experimento con el de De Brum (2004) radica en los resultados obtenidos para el CN donde en los datos obtenidos actualmente fue ampliamente mayor.

4.7.3.1 Contrastes ortogonales

En este caso, únicamente se obtuvo diferencia significativa para la PMST y la TC total de la comparación del testigo con el promedio de los otros tratamientos (p -valor=0,08 y 0,003 respectivamente). Para el caso de la PMST, el testigo, obtuvo una producción de 1035 kg/ha de MS menor que el resto de los tratamientos, para este período. En cuanto a la TC, la respuesta fue de 24 kg/ha/día de MS menor que al promedio de los otros tratamientos.

4.7.4 Período primaveral

En este periodo se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, para todas las variables medidas, las cuales fueron: PMST, PMSV,

TC y TCV, con un p valor de 0.0150, 0.0320, 0.0066 y 0.0259 respectivamente (cuadro No. 19).

Además, este período se caracterizó por presentar al testigo y al campo natural mejorado como los mejores tratamientos, sin poder diferenciar al testigo de los tratamientos nitrogenados en algunos casos. En la evaluación por contrastes, el tratamiento CNm fue significativamente mayor al promedio de los tratamientos nitrogenados en todas las variables, siempre con p-valor<0,05. Para el caso de los restantes contrastes, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro No. 19. Producción de forraje en materia seca total (PMST) y materia seca verde (PMSV) en kg/ha y tasa de crecimiento total (TC) y crecimiento verde (TCV) en kg/ha/día de MS, para el período primavera según tratamientos

	CN	CNm	N 60	N 120	Contrastes		
					1	2	3
PMST	861,3 B	2613,8 A	397,3 B	509,3 B	N/S	**	N/S
PMSV	1229 AB	2613,8 A	574,5 B	568,25 B	N/S	**	N/S
TC	16,3 BC	39,4 AB	8,58 C	5,03 C	N/S	**	N/S
TC liq.	16,2 B	44,5 A	9,15 B	12,45 B	N/S	**	N/S

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

Para el tratamiento testigo y CNm se observa un aumento en la producción de MS, como también en la tasa de crecimiento en comparación con los anteriores períodos, esto se explica por una mayor temperatura, lo que genera un aumento en la tasa de aparición foliar y elongación foliar.

Como mencionaron Luberriaga y Robuschi (2019), la presencia de *Trifolium pratense* y *Lotus tenuis* son quienes explican ese aumento en la PMST y en la TC.

Con respecto a los tratamientos con agregado de nitrógeno y partiendo de lo mencionado por Luberriaga y Robuschi (2019), la alta presencia de *Lolium multiflorum* encontrada en estos tratamientos y partiendo del periodo analizado, la especie mencionada anteriormente se encuentra en el cese de producción pasando a su estado reproductivo, lo que explica los bajos valores de PMST y también en su TC.

4.9 VARIABLES DEL ANIMAL

4.9.1 Significancia estadística de las variables de producción secundaria

Se resumió la información estadística de la producción animal, donde se evaluó la oferta de forraje, el peso vivo por hectárea (PV/ha) y la utilización del forraje (cuadro No. 20).

Cuadro No. 20. Resumen estadístico de las variables estudiadas de producción secundaria

Variable	Efecto trat.	Efecto período	Efecto trat.*período	Contraste		
				1	2	3
Oferta forraje	N/S	**	N/S	N/S	N/S	N/S
Utilización	N/S	N/S	N/S	*	N/S	N/S
PV/ha	**	**	**	**	**	N/S

* Significativo al 0,1; ** significativo al 0,05; N/S: no significativo. Se mide la significancia del tratamiento, del período, de la interacción tratamiento*período y 3 contrastes

En el caso de la oferta de forraje, se aprecia como únicamente presentó diferencias significativas para el efecto del período, sin presentar significancia para los tratamientos y la interacción. Con respecto a la utilización, no presenta diferencias significativas a excepción del contraste 1, en el que se contrasta al campo natural (CN) contra el promedio de los otros tres tratamientos (CNM, N 60 y N 120). La variable PV/ha, fue significativa al 0,05 para el tratamiento, el período, el tratamiento*período y para el contraste 1 y 2.

4.9.2 Oferta de forraje

En términos teóricos, se planteó un manejo del experimento a una oferta de forraje de entre 6 y 8% para invierno y entre 8 y 10% en primavera, que no se cumplió en términos reales (cuadro No. 21).

Cuadro No. 21. Evolución de la oferta de forraje (%PV) para los distintos períodos

Período	OF
Invierno	4,2
Invierno-primavera	6,2
Primavera	7,7

Para lograr las ofertas deseadas teóricamente se utilizaron animales fijos (testers) los cuales no fueron menos de 3 animales por términos estadísticos para la construcción de los resultados. Además, para ajustar la oferta de forma

correcta en los meses de mayor producción de forraje, se introdujeron animales “volantes”, los cuales ingresaron en las parcelas nitrogenadas con el fin de evitar la encañazón del raigrás. De este modo, nunca fue posible llevar la OF a los valores antes estipulados.

El manejo de la oferta de forraje provocó una variación en la relación verde/seco de la pastura. En el período invernal, donde la OF se situó alrededor de 4%, se obtuvo un disponible 74% verde mientras que el remanente fue de 61% de material verde. Para el caso de la primavera, aumentos en la oferta, se ven directamente relacionados a aumentos en el contenido de verde, siendo de 85% y 74% para disponible y remanente respectivamente.

4.9.3 Desaparecido

Según los datos observados en el cuadro No. 22, el campo natural fue significativamente menor al compararlo con los restantes tratamientos. Sin embargo, no hubo diferencias entre los tratamientos CNM, 60 N y 120 N.

Cuadro No. 22. Materia seca total desaparecida como porcentaje de la MS total disponible para los diferentes tratamientos en el total del período

Tratamiento	Utilización (%)
CNM	37,17
60 N	33,77
120N	29,53
CN	21,28

Una forma de explicar estos resultados, es por la altura de la pastura al momento de ingreso de los animales a las parcelas (cuadro No. 2), donde el tratamiento CN es quien presenta la menor altura, lo que explica el bajo porcentaje de utilización. Otro factor para destacar es la oferta a la cual se manejó el pastoreo, si bien el tratamiento N 120 es el que tiene los valores más altos de altura, esto está asociada a una alta oferta de forraje lo que determina una disminución en el porcentaje de utilización de la pastura.

4.9.4 Carga en Kg/ha de peso vivo

En el cuadro No. 23 se puede observar diferencia entre los tratamientos. Al partir de que 1 UG equivale a los requerimientos de una vaca de 380 kg que gesta y lacta un ternero en el año (Berretta y do Nascimento, 1991), y se calcula la carga en UG para los tratamientos CN, CNM, N60 y N120, los valores obtenidos son de 1,19; 1,39; 2,15 y 2,2 animales/ha respectivamente. Si se toma

como base 100 al testigo, y se comparan los diferentes tratamientos con el testigo da como resultado que el CNM fue 16,8% superior al testigo, N60 fue 80,7% superior y el tratamiento N120 fue 84,9% superior al testigo.

Cuadro No. 23. Carga animal en kg/ha de peso vivo promedio de los tres períodos analizados

Tratamiento	PV/ha
CN	451,5 A
CNM	529,2 B
N60	815,6 C
N120	836,6 C

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

Los resultados de carga animal para los distintos tratamientos, se pueden asociar con el cuadro No. 16, donde se observa un aumento en la producción de forraje para los tratamientos donde hubo intensificación. Por otra parte, manejar la carga a estos valores, permitiendo entrar a pastorear con disponibles que favorecieron tanto la producción primaria como también la producción secundaria, con un buen porcentaje de material verde (cuadro No. 2).

4.9.5 Ganancia media

Los diferentes tratamientos demostraron ser superiores al testigo en cuanto a la GMD promedio de los tres periodos analizados, como se logra observar en el cuadro No.24.

Cuadro No. 24. Ganancia media diaria promedio para los tres períodos analizados por tratamiento

Tratamiento	GMD kg/día
CN	0,3 C
CNM	0,69 AB
N60	0,73 A
N120	0,67 AB

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

Estas ganancias se pueden asociar a diferentes factores, ya sea producción de forraje, la proporción de material verde en el disponible ofrecido y a la composición botánica.

Para ofertas invernales, de 4% del PV animal, Aguinaga et al. (2004), en un experimento sobre campo natural, obtuvo resultados de 0,105 kg/animal/día, siendo este resultado inferior a los obtenido durante el período invernal en el presente experimento, donde las ganancias medias diarias, fueron negativas (-

0,22 kg/animal/día). Al evaluar la OF primaveral, la GMD fue mayor, con resultados de 0,255 kg/animal/día (cuadro No. 25) la que, al compararla con el mismo experimento, se observa que los resultados fueron muy similares (0,216 kg/animal/día).

En cuanto a la producción, como se puede ver en el cuadro No. 2 el CN es el que tiene la menor producción de materia seca a pesar de tener buena proporción de material verde en el forraje ofrecido.

Cuadro No. 25. Ganancia media diaria por período

Período	GMD
Invierno	0,015 C
Invierno-primavera	1,525 A
Primavera	0,255 B

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

Con respecto a la composición botánica, el tratamiento mejorado contaba con mucha presencia *Trifolium repens* y *Lotus tenuis*, lo que explica la mayor GMD en comparación al testigo. En cuanto a los tratamientos nitrogenados la abundancia de *Lolium multiflorum* es quien explica los valores de GMD (Luberriaga y Robuschi, 2019).

5. CONCLUSIONES

Tanto la fertilización nitrogenada como la introducción de leguminosas permitieron obtener mayor producción primaria, en el promedio de los períodos, con respecto al tratamiento testigo. No se registraron diferencias entre el campo natural mejorado y los tratamientos nitrogenados. Tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos nitrogenados.

Para el período invernal, los tratamientos con agregado de N son significativamente mayores al CNM. En el período invierno-primaveral los tres tratamientos con intensificación fueron mayores al testigo. En el período primaveral el CNM se presentó como el mejor tratamiento.

6. RESUMEN

El experimento se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, en el potrero 18. La misma se ubica en el Km 363 de la ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20'9" latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 m. s. n. m.). El período de evaluación estuvo comprendido entre el 28 de junio de 2018 al 20 de noviembre de 2018, el cual fue dividido en tres estaciones: invierno; invierno-primavera y primavera. El objetivo consistió en evaluar la respuesta productiva del campo natural sometido a dos niveles de fertilización nitrogenada (60 y 120 Kg/ha de N) y a la introducción de leguminosas bajo pastoreo rotativo con ofertas de forraje a priori de entre 6 y 10%, estudiando la producción de forraje, relación verde/seco de la pastura y producción animal. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en las que se evaluó: un testigo sin intervención (CN), dos niveles de N, 60 (60 N) y 120 kg/ha de N (120 N), y un mejorado con leguminosas de *Lotus tenuis* cv. Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanduela (CNm). Los tres tratamientos intervenidos fueron fertilizados a la siembra con 40 kg/ha de P205. Las variables analizadas fueron: producción de materia seca total (PMST), tasa de crecimiento (TC), forraje disponible (Disp.), forraje verde disponible (Disp. V), altura del disponible (alt. Disp.), forraje remanente (Rem.), forraje verde remanente (Rem. V), altura del remanente (Alt. Rem.), materia seca promedio durante el periodo de pastoreo (MS prom.) materia seca utilizable (Util.), oferta de forraje (OF), utilización del forraje por parte del animal (% Util.), peso vivo por hectárea (PV/ha) y ganancia media diaria por animal (GMD). Como resultado se obtuvo que la PMST del CNm fue significativamente mayor que el testigo, sin encontrarse diferencias significativas con los tratamientos nitrogenados del CNm. Por otro lado, los tratamientos nitrogenados no se diferenciaron estadísticamente del testigo. Tanto en invierno como en invierno-primavera, las bajas temperaturas no permitieron apreciar el efecto del N ni de la introducción de leguminosas, sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre cualquiera de los tratamientos para PMST. En primavera, debido al aumento de las temperaturas, cambio fenológico de las especies invernales y rebrote de las estivales, se registraron las mayores producciones para el CMn sin diferenciarse estadísticamente del testigo, pero si superior a los tratamientos nitrogenados. En cuanto a la TC de los distintos tratamientos, se mantuvo una dinámica similar a la de PMST. En la producción secundaria de todo el período se registraron mayores GMD en los tratamientos con intervención del campo natural, siendo explicado este comportamiento por la mejora en la calidad de la pastura. Los tratamientos fertilizados con N alcanzaron cargas superiores a lo largo de todo el período. El CNm se situó con valores intermedio y diferente estadísticamente de los tratamientos nitrogenados y el testigo.

Palabras clave: Campo natural; Nitrógeno; Leguminosas; Tasa de crecimiento; Producción neta de materia seca; Producción secundaria.

7. SUMMARY

The experiment took place in the Estación Experimental Mario A. Cassinoni from the Facultad de Agronomía. Situated in the Km 363 of the General Artigas, Route 3, Paysandú department, Uruguay (32° 20'9" latitude South and 58° longitude West, 61 m. a. s. l.). The evaluation period was from the June 28th. of 2018 to November 20th. of 2018, which was divided into three stations: winter, winter-spring and spring. The objective was to evaluate the productive response of the natural field submitted under two levels of nitrogenous fertilization (60 and 120 Kg/ha of N) and the introduction of legumes under rotational pasturage with herbage allowance a priori of 6 to 10%, analyzing the primary production, green/death ratio and the animal production. The experimental design consisted in a complete randomized block with four repetitions, in which was evaluated a controller without intervention (CN), two levels of N, 60 (60 N), and 120 Kg/ha of N (120 N) and an improvement with legumes of *Lotus tenuis* cv. Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNm). The three undergoing treatments were fertilized at sowing with 40 Kg/ha of P₂O₅. The variables analyzed were: forage production (PMST), growth rate (TC), disappeared forage (MS desap.), disponibility (Disp.), remainder (Rem.), herbage allowance (OF), living weight (PV/ha) and gain per animal (GMD). The result obtained was that the net dry matter production (PMST) of the CNm was significantly higher than the control, without finding significant differences with the nitrogenous treatments of the CNm. On the other hand, the nitrogenous treatments did not differ statistically from the control. In winter and in winter-spring, the low temperatures did not allow to appreciate the effect of the N or the introduction of legumes, without presenting statistically differences between any of the treatments for PMST. In spring, due to the increase of temperatures, the phenological change of the winter species and the regrowth of the summer ones, the highest productions were recorded for the CNm, without statistically differentiating from the control, but superior to the nitrogenous treatments. Regarding to the TC of the different treatments, a similar dynamic to that PMST was maintained. In the secondary production of the entire period, higher GMD were recorded in the treatment with the intervention of the natural field, this behavior being explained by the improvement of the quality of the pasture. The treatments fertilized with N reached higher loads through the entire period. The CNm was located with intermediate values and statistically different from the nitrogenous treatment and the control.

Keywords: Natural field; Nitrogen; Legumes; Growing rate; Dry matter production; Secondary production.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguinaga, A. J. Q.; Aguinaga, A. A. Q.; Nabinger, C.; Carvalho, P. C.; Frizzo, A.; Guma, J.; Cauduro, G.; Crancio, L. 2004. Produção de forragem de uma pastagem natural da depressão central do RS, submetida a diferentes níveis e sequencias de oferta de forragem. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (41^a., 2004, Campo Grande, MS). Anais. Mato Grosso do Sul, s.e. s.p.
2. Allen, V. G.; Batello, C.; Berretta, E. J.; Hodgson, J.; Kothmann, M.; Li, X.; McIvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*. 66:2-28.
3. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
4. Álvarez, M.; Álzaga, G.; Nopitch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje del campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
5. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
6. _____; Bendersky, D. 2017. Modificaciones de la productividad del campo natural vía incorporación de especies y nutrientes: oportunidades y consecuencias. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (24^a., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 17-26.
7. Azanza, A.; Panizza, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.

8. Barcellos, A. O. 1990. Avaliação de métodos para estimativas da massa de forragem em condições de pastejo. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, Brasil. UFRGS. Facultad de Agronomia
9. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
10. _____.; Berretta, E. J.; Brito, G. 1998. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en basalto profundo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^{a.}, 1998, Termas del Arapey, Salto, Uruguay). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
11. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2008. Fertilización fosfatada de pasturas en la región este. Montevideo, INIA. 143 p. (Serie Técnica no. 172)
12. Berretta, E. J. 1988. El pastoreo como herramienta para mejorar la productividad de las pasturas naturales. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos y Chaco (9^{a.}, 1987, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, s.e. pp. 79-93.
13. _____.; do Nascimento, D. 1991. Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal español - portugués. Montevideo, Uruguay, IICA. 126 p. (Dialogo no. 32).
14. _____. 1995. Campo natural: valor nutritivo y manejo. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-127 (Serie Técnica no. 80).
15. _____. 1998. Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 91-96 (Serie Técnica no. 102).

16. _____. 2005. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de Basalto. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 61-73 (Serie Técnica no. 151).
17. Boggiano, P.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem sobre carga animal, produção e utilização da materia seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. In: Reunião Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia (37^{a.}, 2000, Viçosa). Trabalhos apresentados. Viçosa, s.e. s.p.
18. _____.; Berretta, E.; Cadenazzi, M.; Nöell, S. 2004. Respuesta poblacional de *Poa lanígera* Nees a la fertilización del campo natural de basalto. Grupo campo. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (20^{a.}, 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 264- 265.
19. _____.; 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, INIA. pp. 105-140 (Serie Técnica no. 151).
20. _____.; Berretta, J. 2006. Factores que afectan la biodiversidad vegetal del campo natural. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Grupo Campos (21^{a.}, 2006, Pelotas). Desafios e oportunidades do bioma campos frente à expansão e intensificação agrícola. Pelotas, EMBRAPA. pp. 93-104.
21. _____.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada otoño invernal y ofertas de forraje sobre la población de *Paspalum notatum* Fl. 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. 156-157.
22. Bottaro, C.; Zavala, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NPK en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay.

Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República.
Facultad de Agronomía. 171 p.

23. Carámbula, M. 1992. Mejoramientos extensivos; fundamentos. In: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. eds. Mejoramientos extensivos en la región Este: resultados experimentales 1991-1992. Montevideo, INIA. pp. 12-16 (Actividades de Difusión no. 75).
24. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
25. _____. 2008. Pasturas naturales mejoradas. 2^a. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
26. Cardozo, G.; Quiñones, A.; Jaurena, M. 2018a. Impacto de la fertilización fosfatada en una comunidad con presencia de leguminosas nativas. In: Jornadas de Investigación, Congreso AUPA (2018, Montevideo, Uruguay). Resumen de los estudios de posgrado. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p. 128
27. _____; Michelini, D.; Jaurena, M.; Lattanzi, M. 2018b. Incremento del contenido de fósforo por la fertilización fosfatada en pastizales del Río de la Plata, metaanálisis. In: Jornadas de Investigación, Congreso AUPA (2018, Montevideo, Uruguay). Resumen de los estudios de posgrado. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p. 127
28. Cejas, V. 2016. Caracterización de la composición botánica de un campo natural bajo diferentes alternativas de intervención. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 117 p.
29. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants AF plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Krrling and Mundy. pp. 95-104.
30. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreuveux, 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.

31. Correa, D.; Scheffer-Basso, S.; Fontaneli, R. 2004. Adubação nitrogenada em uma pastagem natural da região da campanha do Rio Grande do Sul. *In*: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campo (20^{a.}, 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 275-276.
32. 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.
33. Del Puerto, O. 1969. Hierbas del Uruguay. (en línea). Montevideo, Nuestra Tierra. 37 p. (Nuestra Tierra no. 19). Consultado 1 may. 2020. Disponible en <http://anaforas.fic.edu.uy/jspui/handle/123456789/9625>
34. Duhalde, M. E.; Silveira, M. I. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada y mejoramiento de campo natural sobre la productividad invierno-primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 176 p.
35. García, J.; Labandera, C.; Pastorini, D.; Curbelo, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 51).
36. García Petillo, M. 2012. Conceptos básicos para el manejo y diseño de riego. *In*: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (2^{o.}, 2012, Salto, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Grupo Desarrollo de Riego. pp. 23-32.
37. 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.

38. Gonçalves, E. N.; Carvalho, P.C. De F.; Devincenzi, T.; Lopes, M. L. T.; Freitas, F. K. De; Jacques, A. V. Á. 2009. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38:2121-2126.
39. 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 Forrajeras 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. p. 141-142.
40. 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, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 105 - 114 (Serie Técnica no. 151).
41. Jia, X.; Dukes, M. D.; Jacobs, J. M. 2009. Bahiagrass crop coefficients from eddy correlation measurements in central Florida. *Irrigation Science*. 28(1):5-15.
42. Luberriaga, J. D.; Robuschi, M. 2019. Respuesta a la intervención de un campo natural sobre la producción primaria y composición botánica. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.
43. Maraschin, E. G.; Moojen, E. L.; Escosteguy C. M. D.; Correa, F. L.; Apezteguia, E. S.; Boldrini, I. I.; Riboldi, J. 1997. Native pasture, forage on offer and animal response. In: International Grassland Congress (18th., 1997, Saskatoon). Proceedings. s.n.t. v.2, p. 288.
44. Mas, C. 2012. Mejoramientos extensivos: antecedentes. In: Mesones, B. ed. 21 años de investigación: pasturas - producción animal en la UEPP, recopilación 1991-2011. Montevideo, INIA pp. 4-9.
45. Mezzalira, J.; de Faccio Carvalho, P.; Kuhn, J.; Bremm, C.; Fonseca, L.; Fonseca, M.; Vizzotto, M. 2012. Produção animal e vegetal em

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

46. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. (en línea) Montevideo. 209 p. Consultado 09 abr. 2020. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politica-agropecuaria/estadisticas-y-documentos/29-08>.
47. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
48. Molfino, J. 2009. Estimación del agua disponible en los grupos CONEAT: metodología empleada. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 6 abr. 2020. Disponible en http://www.cebra.com.uy/renare/wp-content/files_mf/1341437011estimaciondelaguadisponibleenlosgruposconeat.pdf
49. Montossi, F.; 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, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113).
50. Moojen, E. L.; Maraschin, G. E. 2002. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a níveis de oferta de forragem. *Ciência Rural*. 32:127-132.
51. Morón, A. 1996. Ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51).
52. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th., 1960, Reading, England). Proceedings. Oxford, Allden. pp. 606-611.
53. Nabinger, C. 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3^a., 1998, Porto Alegre). Anais. Porto Alegre, ULBRA. pp. 54-107.

54. _____.; Dall'agnol, M. E.; De Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e produtividade de empastagens. In: Nabinger, C. ed. Manejo conservacionista de pastagens: um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, Brasil, s.e. s.p.
55. _____.; De Faccio Carvalho, P.; Cassiano Pinto, E.; Mezzalana, J. C.; Martins Brambilla, D.; Boggiano, P. 2011. Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿es posible mejorarlos con más productividad?. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 19(3-4):27-34.
56. Olmos, F.; Sosa, M. 2002. Dinámica poblacional de *Lotus corniculatus* L. sembrado en pasturas naturales. 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. 106.
57. Pallares, O.; Pizzio, R. 1994a. Experiencias de fertilización de pasturas naturales en el Centro-Sur de Corrientes. 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. 109-118 (Serie Técnica no. 94).
58. _____.; _____. 1994b. 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).
59. 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.
60. Perdomo, C.; Barbazán, M. 2012. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 72 p.

61. 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.
62. Risso, D. F.; Morón, A. 1990. Evaluación de mejoramientos extensivos de pasturas naturales en suelos sobre Cristalino (1984-1990) (II). In: Seminario Nacional de Campo Natural (2°. 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 205-230.
63. _____. 1994. Consideraciones sobre uso del nitrógeno en pasturas. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 63-64 (Serie Técnica no. 51).
64. _____.; Berretta, E.; Zarza, A.; Cuadro, R. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engordar de novillos en la región de Cristalino. In: Risso, D.; Montossi, F. eds. Mejoramientos de campo en la región de Cristalino: fertilización, producción de carne de calidad y persistencia productiva. Montevideo, INIA. pp. 3-30 (Serie Técnica no. 129).
65. Rodríguez Palma, R.; Rodríguez, T.; Andión, J.; Vegnes, P. 2009. Respuesta en producción animal a la fertilización de campo natural. (en línea). In: Seminario Producción Animal: limpia, Verde y Ética (1°. 2009, Tacuarembó). Trabajos presentados. Agrociencia (Montevideo). 13 (3):87-95. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/243>
66. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Reimp. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 321 p.
67. Zanoniani, R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.