

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA INVERNO-PRIMAVERAL EN PRODUCCIÓN SECUNDARIA A
DIFERENTES NIVELES DE INTERVENCIÓN SOBRE CAMPO NATURAL

por

Marcos HONTOU BOIX
Rodrigo PASCOL AMARO

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. (MSc.) Nicolás Caram

.....
Ing. Agr. (MSc.) Felipe Casalás

Fecha: 29 de diciembre de 2020

Autores:
Marcos Hontou Boix

.....
Rodrigo Pascol Amaro

AGRADECIMIENTOS

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

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

A los Ing. Agr. Nicolás Caram y Felipe Casalás por la orientación y apoyo durante la realización de nuestra tesis.

A los funcionarios de la EEMAC, en particular a los de pasturas y laboratorio, por la ayuda brindada durante la etapa experimental del trabajo.

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

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1 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 NITRÓGENO EN PASTURAS.....	3
2.2.1 <u>Efecto de la fertilización nitrogenada</u>	3
2.2.2 <u>Efecto en la producción primaria</u>	3
2.2.3 <u>Efecto sobre la estacionalidad</u>	5
2.2.4 <u>Efecto del nitrógeno sobre la composición botánica y</u> <u>calidad del forraje</u>	5
2.2.5 <u>Efecto sobre la producción secundaria</u>	7
2.3 MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS CON LEGUMINOSAS.....	8
2.3.1 <u>Efecto en la producción primaria</u>	9
2.3.2 <u>Efecto sobre la tasa de crecimiento</u>	10
2.3.3 <u>Efecto sobre la composición botánica y la calidad</u>	10
2.3.4 <u>Efecto en la producción secundaria</u>	12
2.4 VARIABLES DE MANEJO DEL PASTOREO.....	14
2.4.1 <u>Efecto de la intensidad de pastoreo</u>	14
2.4.1.1 En la producción primaria	14
2.4.1.2 En la composición botánica	16
2.4.1.3 En la producción secundaria.	17
2.4.2 <u>Efecto del método de pastoreo</u>	17
2.4.2.1 En la producción primaria	18
2.4.2.2 En la calidad de la pastura	19
2.4.2.3 En la producción secundaria	20

2.4.2.4 Estructura de la pastura asociado a la performance animal	20
2.5 HIPÓTESIS.....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	22
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	22
3.1.1 <u>Localización del sitio experimental</u>	22
3.1.2 <u>Caracterización del sitio experimental</u>	22
3.1.2.1 Suelos.....	22
3.1.2.2 Vegetación.....	22
3.1.2.3 Condiciones climáticas e índice de temperatura y humedad	23
3.1.2.4 Antecedentes del pastoreo	23
3.1.3 <u>Descripción de los tratamientos</u>	23
3.1.4 <u>Diseño experimental</u>	24
3.1.5 <u>Animales experimentales</u>	25
3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	25
3.2.1 <u>Manejo del pastoreo</u>	25
3.2.2 <u>Determinaciones en producción primaria</u>	26
3.2.2.1 Materia seca	26
3.2.2.2 Materia seca presente	27
3.2.2.3 Materia seca disponible	27
3.2.2.4 Materia seca remanente	27
3.2.2.5 Materia seca producida	27
3.2.2.6 Tasa de crecimiento diaria.....	27
3.2.2.7 Materia seca desaparecida.....	27
3.2.3 <u>Determinaciones en producción secundaria</u>	28
3.2.3.1 Carga y peso vivo	28
3.2.3.2 Ganancia media diaria animal y producción de carne por hectárea.....	28
3.2.3.3 Oferta de forraje.....	29
3.2.3.4 Porcentaje de desaparecido	29
3.2.3.5 Eficiencia de transformación de la producción	29
3.3 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.....	29
3.4 MODELO ESTADÍSTICO.....	30
3.4.1 <u>Modelo estadístico de producción primaria</u>	30

3.4.2	<u>Modelo estadístico animal</u>	30
3.4.3	<u>Contrastes ortogonales</u>	31
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	33
4.1	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	33
4.1.1	<u>Temperatura</u>	33
4.1.2	<u>Precipitaciones</u>	33
4.1.3	<u>Balance hídrico</u>	35
4.1.4	<u>Índice de temperatura y humedad (ITH)</u>	36
4.2	PRODUCCIÓN PRIMARIA	37
4.2.1	<u>Significancia estadística de las variables de producción primaria</u>	37
4.2.2	<u>Disponible y disponible verde</u>	39
4.2.3	<u>Remanente y remanente verde</u>	41
4.2.4	<u>Materia seca promedio</u>	42
4.2.5	<u>Forraje desaparecido</u>	44
4.2.6	<u>Producción de materia seca</u>	44
4.2.7	<u>Tasa de crecimiento</u>	45
4.3	PRODUCCIÓN SECUNDARIA	47
4.3.1	<u>Variables de producción secundaria</u>	47
4.3.2	<u>Carga total</u>	54
4.3.3	<u>Oferta de forraje</u>	54
4.3.4	<u>Ganancia media diaria</u>	55
4.3.5	<u>Eficiencia de utilización</u>	57
4.3.6	<u>Ganancia por superficie</u>	58
4.4	CONSIDERACIONES FINALES	59
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	61
6.	<u>RESUMEN</u>	62
7.	<u>SUMMARY</u>	64
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	66

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Resumen de la significancia estadística de las variables medidas en producción primaria.....	35
2. Disponibilidad total y disponibilidad verde en kg/ha de MS según el tratamiento.....	37
3. Disponibilidad total y disponibilidad verde en kg/ha de MS según período.....	38
4. Remanente total y remanente verde en kg/ha de MS según el tratamiento.....	39
5. Remanente total y remanente verde en kg/ha de MS según período.....	40
6. Materia seca promedio total y materia seca promedio verde en kg/ha de MS según el tratamiento.....	40
7. Materia seca promedio total y materia seca promedio verde en kg/ha de MS según período.....	41
8. Forraje desaparecido en kg/ha de MS según el tratamiento.....	42
9. Forraje desaparecido en kg/ha de MS según período.....	42
10. Producción de materia seca en kg/ha de MS según el tratamiento.....	43
11. Tasa de crecimiento en kg/ha/día de MS según el tratamiento.....	44
12. Tasa de crecimiento en kg/ha/día de MS según período.....	44

13. Efecto del tratamiento y contrastes para oferta de forraje, ganancia media diaria y peso vivo/ha para el periodo 1	45
14. Efecto del tratamiento y contrastes para oferta de forraje, ganancia media diaria y peso vivo /ha para el periodo 2.....	47
15. Efecto del tratamiento y contrastes para oferta de forraje, ganancia media diaria y peso vivo/ha para el periodo 3.....	49
16. Carga promedio por período en kg de peso vivo/ha.....	51
17. Carga animal por superficie (kg/ha de PV).....	52
18. Oferta de forraje (%PV) según período y tratamiento.....	53
19. Ganancia media diaria según tratamiento y período (kg/animal/día de PV).....	54
20. Ganancia según tratamiento (kg/ha de PV).....	55
21. Ganancia según tratamiento (kg/ha de PV).....	56

Figura No.

1. Croquis del área experimental.....	25
2. Temperatura máxima, mínima y media entre abril y noviembre de 2018 y las medias de los mismos meses del período 2002-2017 en grados Celsius (°C)	31
3. Precipitaciones mensuales del período de evaluación y promedio históricas 2002-2017 en milímetros (mm).....	32

4. Evolución de la evapotranspiración real y potencial diaria del campo natural y almacenamiento de agua en el perfil del suelo con respecto al 40% del agua potencialmente disponible.....	33
5. Variación diaria del índice de temperatura y humedad.....	34

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Uruguay abarca 13.396.000 hectáreas del área agropecuaria, por lo que representa el 82% de la misma y su principal base forrajera son las pasturas naturales. La producción física promedio anual es de 87 kg/ha (MGAP. DIEA, 2018), existiendo una brecha importante entre la producción secundaria alcanzada y la producción potencial de estos sistemas.

Las pasturas naturales ocupan el 71% de la superficie del país, se caracterizan por presentar gran heterogeneidad como resultado del 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. Esta vegetación tiene como característica un gran aporte de gramíneas estivales, más que invernales, y un bajo aporte de especies de la familia leguminosas, dando como resultado una marcada estacionalidad y baja calidad de la pastura. Sumado a esto, el sobrepastoreo genera una presión en la disminución de especies invernales, generando así un efecto mayor en dicha estacionalidad.

Dadas las características de estacionalidad y dependencia de las condiciones climáticas, con el objetivo de mejorar la producción secundaria surge la necesidad de aumentar la producción invernal y el desempeño de los animales. Los mejoramientos extensivos (ya sean con fertilizaciones fosfatadas, nitrogenadas o por incorporación de leguminosas) y el manejo de la intensidad de pastoreo son herramientas que podrían hacer una posible aproximación del rendimiento alcanzable al potencial de producción del campo natural para contrarrestar la baja producción y generar así un manejo sustentable de los recursos que perdure en el tiempo (Nabinger y Carvalho, 2009).

1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio consiste en evaluar la respuesta invierno-primaveral en producción secundaria de un campo natural sometido a niveles crecientes de intervenciones.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar y comparar la producción animal según el grado de intensificación del campo natural bajo pastoreo rotativo.

Evaluar y comparar el efecto del agregado de nutrientes y/o leguminosa en la ganancia media individual.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL DEL URUGUAY

El principal componente de las pasturas naturales 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.

La mayoría de las pasturas naturales tienen un bajo aporte de leguminosas limitando la producción animal (Jaurena et al., 2005). Es conocido que las leguminosas mejoran la calidad de la dieta de los animales dando un mayor aporte de proteína y favorecen a las gramíneas mediante la fijación simbiótica del nitrógeno (Berretta, 2001a).

La producción de las pasturas es muy variable según el tipo de suelo, la cual oscila entre 800 y 4.000 kg/ha de MS (kilogramos por hectárea de materia seca) siendo los de menor producción los suelos superficiales y los de mayor producción suelos profundos. A su vez la estacionalidad de la oferta es más marcada en suelos de baja fertilidad y superficiales y más estable en suelos profundos y de fertilidad alta (Carámbula, 1997). Por otra parte Risso y Berretta (2001) recopilando información sobre los diferentes tipos de suelos en las distintas regiones del país y diversas formas de contribuir a la mejora productiva demuestran datos de producciones que oscilan entre un mínimo de 1.400 kg/ha de MS para suelos de lomadas del este y un máximo de 5.500 kg/ha de MS para suelos arenosos. En el mismo trabajo se presenta la distribución estacional de dichas producciones y se evidencia la estacionalidad de la pastura hallándose las menores producciones en otoño invierno y las máximas en primavera verano, justificando dicha estacionalidad por la mayor proporción de especies estivales que contribuyen en mayor medida a la producción. Por otro lado se destaca una gran variabilidad en la producción la cual es dependiente de las precipitaciones y temperatura. La primera incide en mayor medida ya que la producción se concentra en primavera verano y la temperatura no sería limitante para la producción primaria en estas estaciones.

Saldanha (2005) evaluando la producción del campo natural en suelos de cretácico halló una media para un período de 3 años de evaluación sobre argisoles de 5.929 kg/ha de MS, producción mayor a las mencionadas anteriormente. La distribución estacional de la producción de la pastura depende no solo del tipo de suelo y zona agroecológica sino que además se debe tener en cuenta la composición botánica de la misma ya que esta puede incidir tanto en la producción como en la distribución estacional. Sumado a esto el uso de

suelo, manejo actual e histórico de la pastura también tienen sustancial importancia en la producción de las pasturas (Olmos, citado por Saldanha, 2005).

2.2 NITRÓGENO EN PASTURAS

2.2.1 Efecto de la fertilización nitrogenada

El contenido de nitrógeno en los suelos del Uruguay varía entre suelos de alta fertilidad y de baja fertilidad entre 15 y 5 toneladas respectivamente, donde la mineralización a formas inorgánicas es muy baja (Zamalvide, 1994). Sumado al bajo porcentaje de nitrógeno que se mineraliza, es el nutriente que más incide en la producción de las pasturas naturales dado que controla los procesos de crecimiento de las plantas, afectando directamente en la eficiencia fotosintética (Nabinger, 1998). Además, al ser las gramíneas el principal componente de las pasturas naturales éstas reaccionan de manera importante frente al agregado de N ya que tienen mayor habilidad competitiva por este nutriente (Ayala y Carámbula, 1994a). De las gramíneas, las especies C4 presentan mayor eficiencia en el uso del nitrógeno y del agua debido a factores morfológicos y fisiológicos propios (Milot et al., 1987).

Bemhaja et al. (1994b) sostienen que el agregado de N y P en pasturas naturales permiten mantener una dieta más equilibrada a lo largo del año, con mejor valor nutritivo y que promueven la producción de especies invernales productivas, lo cual se traduciría en mayor producción secundaria. Por otro lado Boggiano et al. (2005) indican para campos donde la frecuencia de especies invernales finas es alta, estas se ven promovidas al fertilizar con nitrógeno, con manejos acompañados de ajuste de carga. A su vez Berretta (2001a) afirma que la fertilización con nitrógeno debería realizarse sobre campos que presenten especies invernales productivas de al menos 20% de frecuencia relativa. Una vez que se incrementa el nivel trófico para N y P en el suelo debería esperarse aumentos de producción de forraje en torno al 60%, teniendo consecuencias directas a través de un aumento en la capacidad de carga por unidad de superficie.

2.2.2 Efecto en la producción primaria

La nutrición mineral en campo natural es una variable de manejo que incide en la producción primaria. Hanisch, citado por Duhalde y Silveira (2018), sostiene que la fertilización con nitrógeno aumenta la producción de pasto frente al campo natural y que hay respuesta lineal a medida que se aumenta la dosis de N. Según Berretta (2001a) el mayor efecto sobre la producción primaria se da cuando las fertilizaciones se dividen en dos. La primera a inicios del otoño y

la segunda a inicios de la primavera, con esto se busca que la aplicación de otoño favorezca a las especies invernales rebrotar y estirar el periodo vegetativo de las estivales. La aplicación a inicios de la primavera promueve el crecimiento en esta época de las especies invernales así como la salida del reposo invernal para las estivales adelantando el rebrote de estas.

En este sentido Boggiano et al. (2005) evaluando la producción otoño invernal del campo natural bajo fertilizaciones nitrogenadas afirman que fertilizando estratégicamente en otoño y manteniendo ofertas de forraje del 8% del peso vivo se incrementa la producción de invierno en un 30%. En la misma línea Bemhaja (1994a) estudiando fertilizaciones de otoño y primavera observó que estas son dependientes del contenido de agua en el suelo pero aun así se da una respuesta cuadrática a medida que se incrementa la dosis de nutriente logrando aumentos de hasta 2.000 Kg de MS con dosis de 120 Kg/ha de N respecto al testigo.

Por otro lado estudios realizados evaluando el agregado de N, P y K a distintos niveles y frecuencias de corte demostraron que el agregado de N por si solo es la variable que más influye en la producción de biomasa logrando un incremento de 31% respecto campo natural y cuando se aplicó junto con K y P se logró un 34% de aumento en producción de materia seca (Ayala y Carámbula, 1994a). Por otro lado evaluando la aplicación de los mismos nutrientes y con dos frecuencias de corte diferentes (45 y 90 días) se observó mayor aumento de la producción de pasto cuando la frecuencia de corte es más extensa y se aplican los 3 nutrientes juntos (206%). Además las mayores respuestas se dan en primavera, mientras que las fertilizaciones de invierno son más eficientes en la producción de pasto cuando la frecuencia de corte es la más acotada (Ayala y Bermúdez, 2005). Royo y Pizzio (1994) observaron respuesta del 61% sobre campo natural de la zona centro sur de corrientes, Argentina. Igualmente sostienen que este aumento no es extrapolable a otras zonas del mundo ni en la misma zona agroecológica ya que la respuesta puede variar. Esto se afirma con lo visto por Zamalvide (1994) quien estima que el efecto en la pastura natural en cuanto a la producción de pasto en el promedio de 3 y 4 años varía entre un 30 y 100% según el sitio estudiado.

En cuanto a la eficiencia de utilización del N agregado, esta puede variar según el año, el momento de aplicación, la dosis y la frecuencia de defoliación. Estudios realizados por Ayala y Carámbula (1994a) demuestran que la eficiencia de utilización es baja en invierno y aumenta en primavera verano siendo de 1,5 kgMS/kg de N y 14 kgMS/kg de N respectivamente para defoliaciones cada 45 días. Cuando las aplicaciones de N son fraccionadas se permite disminuir la variabilidad entre años y mejorar la eficiencia en el uso del nutriente. Estos valores de respuesta al agregado de nitrógeno varían según la

composición botánica del tapiz. Cuando las gramíneas invernales tienen alta frecuencia la respuesta que se logra en el invierno es mayor, alcanzando valores de 15,6 kgMS/kg de N. A su vez la intensidad de pastoreo demostró incidencia en la producción de forraje, donde con altas dosis de fertilizante y baja oferta de forraje incrementaron la producción, lo opuesto ocurre con altas dosis y altas ofertas de forraje (Zanoniani et al., 2011). Estos incrementos en producción del campo natural frente al agregado de nitrógeno permiten aumentar la carga animal dado que esta es dependiente de la producción de pasto, este aumento de la carga debería permitir un aumento en la producción secundaria (Boggiano et al., 2005).

2.2.3 Efecto sobre la estacionalidad

La estacionalidad del campo natural puede verse afectada frente a la intervención del mismo mediante el agregado de nutrientes minerales (Zanoniani, 1999). En suelos de lomadas del este en la unidad palo a pique, cuando el N es aplicado, la estacionalidad en la producción de forraje es acentuada, es decir que no cambia, sino que se hace más marcada ya que aunque se mejora la producción invernal, las mayores respuestas frente al agregado de nitrógeno se dan en primavera verano (Ayala y Carámbula, 1994a).

En contrapartida Bemhaja (1994a), observó que el nitrógeno sobre suelos de basalto profundo mejora la distribución en la producción de forraje. Dada la alta variabilidad que presenta el campo natural en cuanto a su estacionalidad y especies según el tipo de suelo y zona agroecológica, se deben tener en cuenta el tipo de campo sobre el cual se aporta nitrógeno. Berretta (2001a) afirma que para levantar la producción invernal es necesario contar con al menos un 20% de especies invernales. La fertilización debe realizarse para favorecer a estas especies, en otoño temprano cuando las temperaturas permitan un eficiente uso de este nutriente ya que es el momento en que se dan los procesos de macollaje, germinación y rebrote de las especies invernales (Zanoniani 1999, Boggiano et al. 2005).

2.2.4 Efecto del nitrógeno sobre la composición botánica y calidad del forraje

El empleo de N inorgánico al suelo o indirectamente a través de las leguminosas estimula un cambio en la composición botánica aumentando la frecuencia de especies invernales finas y tiernas (Bemhaja y Berretta, Berretta y Levratto, citados por Berretta et al., 1998a). Las fertilizaciones estratégicas en principios de otoño y fines de primavera potencian a estas especies estimulando el rebrote en la primera estación y alargando su ciclo en la segunda. Sumado a esto, en las zonas donde se aplica fertilizante se encuentra mayor diversidad de especies con plantas más grandes y de mayor vigor que en zonas no

fertilizadas, también las plantas aumentan su contenido para este nutriente aumentando así la calidad del forraje (Berretta et al., 1998a).

En la misma línea Boggiano et al. (2005) observaron que fertilizando con N aumenta el porcentaje de gramíneas invernales sobre las estivales, lográndose una contribución al aporte de materia seca de las primeras hasta tres veces sobre las segundas. Destacan además que esto incide directamente sobre la calidad del forraje debido a que el aporte de estas gramíneas invernales es de pastos finos y tiernos.

En suelos de basalto con fertilizaciones de N y P se observó que la contribución específica por presencia en el invierno es explicado mayormente por el aporte de especies invernales, de estas las que significan el mayor aporte son *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides* y ciperáceas (Berretta et al., 1998a). Por otro lado estudios sobre suelos de areniscas de Tacuarembó los cuales son marcadamente estivales sumado el manejo con carga fija a lo largo del año con ocupación continua, no registraron grandes cambios en la composición botánica sino que se observó un mayor tamaño y vigor de las especies presentes (Bemhaja, 1994a). En suelos de la unidad palo a pique, las especies más favorecidas son anuales invernales las cuales tienen mayor respuesta al agregado de este nutriente. *Vulpia australis* y *Gaudinia fragilis* son dos especies que aumentan su frecuencia debido a mayor producción de semillas (Ayala y Carámbula, 1994a). Esto coincide con lo visto por Duhalde y Silveira (2018) quienes hallaron que en tratamientos con fertilizaciones nitrogenadas aumentan el aporte a la pastura de gramíneas anuales invernales representada básicamente por *Lolium multiflorum*. Cuando se incorporan especies junto con nitrógeno, se descubrió que las mismas prosperan a medida que se aumentan las dosis de nitrógeno, entre las evaluadas, el raigrás es la especie que mejor desempeño tuvo en el primer año de evaluación. En cuanto a holcus y bromus estas tuvieron mejor desempeño en años subsiguientes en comparación con raigrás (Ayala y Carámbula, 1994b).

La calidad del forraje puede verse mejorada, ya que el nivel de nitrógeno en pasturas naturales fertilizadas con dicho nutriente presenta valores superiores a los campos no fertilizados. A su vez los valores de proteína cruda de la pastura pasa de 11 a 14% en el invierno, de 12 a 17% en primavera y en verano de 9 a 10,6% siendo esta la época de menor cambio para este indicador de calidad (Berretta et al., 2001b). Estudios realizados en basalto arrojaron resultados de aumento en la digestibilidad de la pastura dado por una disminución en el porcentaje de fibra y aumento en el porcentaje de proteína cruda (Bemhaja, 1994a). Por otro lado Ayala y Carámbula (1994a), sostienen que la calidad no se ve afectada pero en cambio, se logra un aumento significativo de en el nivel de proteína cruda de la pastura natural. Los niveles de

proteína cruda de las especies invernales son mayores en promedio a las especies estivales registrándose los mayores niveles de proteína en otoño-invierno (Berretta et al., citados por Berretta et al., 1998a).

Trabajos dedicados a estudiar la calidad de la dieta en novillos de invernada sobre CN, CNm y CNF se observó para el caso de CNF la cantidad de especies es mayor y sobre todo invernales perennes de alto valor productivo. Sumado a este aumento de especies finas y tierno-finas, se observó que la disponibilidad de forraje a una misma carga es mayor en los casos de fertilización que de campo natural lo cual permitiría una mejor selectividad animal, esto coincide cuando se analizan los datos de FDN y FDA (indicadores de la digestibilidad) donde se observa que son menores para campos fertilizados que campos sin fertilizar. Por último se resalta que la capacidad de selección de los animales es mayor y por lo tanto los resultados en calidad de la dieta seleccionada es mayor a los de la ofrecida y superior para los tratamientos de campo natural fertilizado (Montossi et al., 2000).

La mayor calidad del forraje por sí sola no incidirá sobre la producción animal pero si a niveles óptimos de oferta de forraje permitiría realizar una selección de pastos que se traduzcan en un buen desempeño en cuanto a producción secundaria (Anfuso et al., 2016). Esto coincide con lo visto por Piaggio et al. (1996) que resaltan que a mayor oferta de forraje (dentro de valores de 5 y 12,5 kgMS cada 100 kg de peso vivo) se da una mejor selección del forraje en cuanto a calidad por los animales. En este trabajo se destaca que la calidad depende en mayor medida de la estación del año y que cuando se realiza un pastoreo rotativo la calidad decrece a medida que pasan los días.

2.2.5 Efecto sobre la producción secundaria

La carga animal es la principal variable que incide tanto sobre la producción primaria como secundaria (Formoso, 2005). Así con fertilizaciones nitrogenadas se logra aumentar la carga explicado por un aumento en la producción de biomasa aérea y por lo tanto la producción animal en kg/ha.

Sin embargo es necesario combinar esta práctica con el método de pastoreo, en ese sentido Nabinger (1998) destaca que la producción secundaria está estrictamente relacionada con el control del pastoreo. Este control afecta la producción de la pastura alterando la sustentabilidad de la misma y viceversa. En este sentido estudios variando la carga (alta, media y baja) y con pastoreos rotativos sobre campo natural fertilizado con N y P, se observó una mayor ganancia individual en todos los tratamientos fertilizados (0,450 kg/animal/día para la carga baja, ganancias intermedias para la carga media y finalmente similares desempeños para el de carga alta respecto al testigo sin fertilizar).

Cuando se evaluó la productividad anual de los diferentes tratamientos se observó que todos los tratamientos fertilizados son significativamente superiores al testigo sin fertilizar pero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados variando la carga (Berretta et al., 1998a).

Caram et al. (2017) aseguran que a través de la fertilización del campo natural con N se puede mejorar la producción respecto a un testigo sin fertilizar. Para dos niveles de fertilización 60 kg y 120 kg de N en suelos de la unidad San Manuel sobre la formación Fray Bentos se observaron mayores ganancias individuales con dosis bajas de fertilizante explicadas principalmente por el período invierno-primaveral.

Finalmente para un periodo de 14 años de evaluación con 0 y 100 kg de N por ha se puede concluir que la fertilización estratégica (principio de otoño y fin invierno) es el método más indicado para mejorar la producción primaria y así lograr mejores niveles de producción secundaria (Rodríguez Palma y Rodríguez, 2017).

2.3 MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS CON LEGUMINOSAS

Las pasturas naturales se caracterizan por tener un bajo aporte de leguminosas nativas a la producción primaria, incidiendo directamente en la calidad de la pastura y por lo tanto en la producción secundaria. La introducción de especies de leguminosas permite incrementar en primer lugar la producción de pasto y en segundo la producción animal (Zanoniani 1999, Jaurena et al. 2005). El incremento en producción se logra a través del aporte de una especie altamente productiva y debido al aporte indirecto de nitrógeno por parte de las leguminosas que es captado por las gramíneas nativas y potenciado en productividad y calidad de estas. Por otro lado incide aumentando la calidad de la pastura aumentando los niveles de proteína cruda de la misma (Risso y Carámbula, 1998c).

Carvalho, citado por Morón (1994), afirma que la relación entre la producción de biomasa aérea de la leguminosa con la cantidad de nitrógeno fijado es de 30/1 para leguminosas tropicales, mientras que en Uruguay estudios realizados por Díaz Roselló, citado por Morón (1994) han obtenido resultados de 25/1.

La fertilización con fósforo es necesaria para un correcto establecimiento de leguminosas a introducir así como también afectará su productividad y persistencia, ya que en los suelos del Uruguay el nivel de fósforo es bajo y varía entre 1 y 6 ppm siendo mucho menor al nivel crítico de las leguminosas (Millot et al., 1987). Sumado a la fertilización fosfatada es necesario realizar un correcto

manejo del pastoreo para permitir que las especies implantadas florezcan y fructifiquen ya que aumenta el banco de semillas del suelo para estas especies y permite la reimplantación de las mismas en años subsiguientes. Este manejo además logra que especies invernales productivas del campo natural alcancen el mismo proceso y así aumentan su frecuencia (Carámbula 1996, Berretta 2001a).

El objetivo de la fertilización no debería ser el desplazamiento de las especies nativas, sino que se busca complementariedad con estas intentando mitigar el efecto de la estacionalidad y la baja calidad del forraje (Carámbula, 1996).

2.3.1 Efecto en la producción primaria

La baja producción invernal del campo natural puede ser mejorada con fertilizaciones con N y P, que promueven un aumento en la producción de biomasa, sin embargo la respuesta es dependiente de la proporción de especies C3 y el momento de la fertilización, con lo cual la inclusión de especies C3 productivas acompañado de fertilizaciones fosfatadas permitan aumentar la producción del campo natural cuando esta es baja o mejorar la calidad de la misma trasladando forraje en pie hacia el invierno (Carámbula 1996, Zanoniani 1999). Así es que campos mejorados logran incrementos entre el 50 y 100% de la producción primaria, destacándose en el invierno un incremento de hasta 600% (Carámbula, 1996).

En el promedio de diez años de mejoramientos extensivos comparando diferentes especies (*Medicago polymorfa*, *Trifolium subterraneum*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*) sobre basalto se observó un aumento del 25%, 211%, 56% y 41% para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente. Estos cambios son variables y presentan cierto desvío al igual que en el campo natural, siendo el verano la estación con mayor desvío debido a la dependencia de las precipitaciones (Bemhaja, 1996). Mejoramientos realizados con *Lotus subbiflorus* y *Trifolium repens* en el promedio de 4 años en suelos sobre basamento cristalino se obtuvo una producción de 7.658 kg/ha/año de MS y mejoramientos con *Trifolium repens* 7.179 kg/ha/año de MS. Los mismos campos con manejos tradicionales producen 3.100 kg/ha/año de MS (Risso et al., 2002).

Por otro lado Risso y Berretta (1996) en suelos sobre cristalino, estudiando diferentes métodos de siembra, no observaron diferencias en producción para el promedio de 7 años ya sea con lotus San Gabriel, trébol blanco y trébol carretilla o con lotus San Gabriel y trébol rojo, con una producción de 6.900 kg/ha/año de MS y el aporte de la fracción leguminosa sembrada fue del 78 y 70% respectivamente. En el mismo trabajo cuando se evalúan distintas

especies por sí solas, en el promedio de 6 años se ve que la producción total oscila entre 5.000 y 6.700 kg/ha/año de MS pero en este caso la contribución de la fracción leguminosa es más baja variando entre 30 y 42%.

En mejoramientos donde luego del tercer año se incluyeron *Holcus lanatus* y *Bromus auleticus*, se observó una producción invernal de hasta 2.000 kg/ha de MS, que comparada con la producción del campo natural se aprecia una marcada diferencia. En cambio cuando se compara la producción del campo natural mejorado sin la inclusión de estas gramíneas, no se observan diferencias significativas en producción con la introducción de bromus y si se hallaron diferencias significativas con el tratamiento con *Holcus* (Risso y Berretta, 1996).

2.3.2 Efecto sobre la tasa de crecimiento

El aumento de la producción primaria determina un aumento de la tasa de crecimiento respecto al campo natural, este aumento será variable en función de la época, la especie y la carga utilizada. Para el promedio de mejoramientos con diferentes manejos en campos de basalto se observó que los aumentos en la tasa de crecimiento son altas en invierno (147%), debido principalmente al aporte de *Trifolium repens* en dicha época y con carga alta (Pigurina et al., 1998).

Risso y Berretta (1996), observaron que las producciones invernales de diferentes mejoramientos sobre suelos de cristalino rondan entre 625 y 1.680 kg/ha/año de MS, estas producciones son complementarias a la del campo natural y significan un aporte adicional de 6,9 a 18,6 kg/día de MS. En suelos sobre cristalino donde la producción invernal corresponde al 11% de la total (3.100 kg/ha/año de MS), es decir 341 kg/ha/año de MS lo que significa una tasa de crecimiento de 3,78 kg/ha/día de MS, se ha observado que esta puede superarse ampliamente con los mejoramientos extensivos pudiendo alcanzar valores entre 9,9 kg/ha/día de MS a 11,7 kg/ha/día de MS para tratamientos con *Lotus subiflorus* cv El Rincón y *Lotus corniculatus* cv San Gabriel. En mezcla con trébol blanco respectivamente.

2.3.3 Efecto sobre la composición botánica y la calidad

La incorporación de leguminosas y el agregado de fósforo permite incrementar el nivel trófico del suelo mejorando su fertilidad, esto lleva a que se dé un cambio en la composición botánica del tapiz fomentando un aumento de las especies C3 invernales y una extensión del periodo de crecimiento de las especies estivales (Risso y Carámbula, 1998c).

Bemhaja (1998) destaca que la mayor producción del campo natural en todas las estaciones del año se debe a un cambio en la composición botánica del tapiz natural y especies sembradas. En coincidencia con esto Berretta (2001a) menciona que la frecuencia relativa de especies invernales del campo natural mejorado es de un 75% con valores similares para las nativas y las introducidas. Estudios realizados por Risso y Berretta (1996) evaluando la composición botánica de dos mejoramientos observaron que la mayor proporción de especies invernales en el campo natural estaba representada por hierbas enanas y pastos ordinarios, pero para mejoramientos de *Lotus corniculatus* con *Trifolium repens* se observó que la vegetación invernal representaba el 75%. Por otra parte un mejoramiento con *Lotus subiflorus* cv El Rincón solo, se observó una contribución de especies invernales de un 85%. Se destaca que la vegetación nativa en ambos mejoramientos presenta mayor dimensión y vigor que las presentes en el testigo sin mejorar, además destacan que las especies estivales salen antes del reposo invernal debido a su menor afección por fríos y mayor fertilidad del suelo.

Respecto a las especies implantadas, como se mencionó anteriormente, el porcentaje de leguminosas implantadas es dependiente del nivel de fósforo en el suelo ya que presentan altos requerimientos para este nutriente. En este sentido se ha visto un mayor porcentaje de implantación y porcentaje de aporte de las leguminosas a medida que se incrementa la dosis de fósforo agregado, donde se vio respuesta lineal entre 30 y 90 kg/ha de P₂O₅ para *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* en relación a la producción de biomasa al primer corte (Carriquiry et al., 1994). Por otro lado Santiñaque (1994) demuestra que la mayor incidencia del nivel de fósforo a la siembra se da en el peso de las plantas implantadas y no incidiría tanto en el nivel de implantación medido en número de plantas por metro cuadrado. Complementando esta información, Ayala y Carámbula (1996a) analizando la fertilización inicial a 30, 60 y 90 kg/ha de P₂O₅ relacionándolo con la fecha de siembra para abril, mayo y junio, observaron que la respuesta es lineal para fechas de siembra de abril, respuesta intermedia para siembra en mayo sin haber diferencias significativas entre 60 y 90 kgP₂O₅ y la respuesta casi nula para la siembra en junio siendo la producción de pasto al primer corte dependiente únicamente de las condiciones climáticas. Bemhaja (1996) ha visto que el porcentaje de aporte de las leguminosas sembradas a dos dosis diferentes de fertilizante 40 y 80 kg de P oscila entre 71 y 78% respectivamente.

Los mejoramientos con introducción de leguminosas mejoran entonces la calidad de la dieta a través de una mejora en los niveles de proteína cruda, mejores niveles de FDN y FDA que determinan entonces valores más altos de digestibilidad que se traducen en mejor calidad del forraje para todas las

estaciones del año estudiadas y un mejor desempeño animal en consecuencia de ello (Montossi et al., 2000).

En mejoramientos realizados con diferentes leguminosas del género *trifolium* y *lotus* se demuestra que los valores de digestibilidad *in vitro* oscilan entre 56 y 62% y el campo natural sin modificaciones presentó valores e 50,5% de digestibilidad (Risso, 1994). Además el mismo autor sostiene que una vez que el mejoramiento está instalado y luego de algún año de fertilizaciones fosfatadas, permite que el campo natural aumente la frecuencia y por lo tanto el aporte a la biomasa de especies nativas altamente productivas que incidirán directamente en la mejora de la calidad de la pastura ofrecida.

Estos factores inciden en el consumo por parte de los animales. El consumo cuando es en base a leguminosas alcanza el 3% del peso vivo mientras que cuando es en base a gramíneas no supera el 2,6% del peso vivo. Esto es definido por la mayor calidad de las leguminosas frente a las gramíneas, que determinan mayor tasa de pasaje y por lo tanto mayor consumo teniendo efectos positivos en la productividad animal (Poppi et al., citados por Anfuso et al., 2016).

2.3.4 Efecto en la producción secundaria

La marcada estacionalidad del campo natural se debe principalmente al alto aporte de especies C4 adaptadas al manejo, fertilidad y clima. Las especies C3 de alta productividad y calidad son escasas y determinan un bajo aporte a la producción de los campos naturales (Berretta, 2001a). Los mejoramientos de campo en base a fertilizaciones con N y P permitirían aumentar la producción pero no tanto la calidad de la pastura, limitando la productividad de carne sobre estas. La incorporación de leguminosas junto con fertilizaciones fosfatadas permitirían levantar estas limitantes sobre todo para el periodo de mayor déficit de forraje (invierno), o de lo contrario aprovechar el excedente de otras épocas difiriendo con mayor calidad hacia esta época (Carámbula, 1996).

Las producciones sobre las diferentes regiones ganaderas más representativas del país varían entre 53,3 y 69,1 kg de carne equivalente por hectárea (Risso y Berretta, 2001). Según Berretta (2001a) los campos naturales mejorados con leguminosas permiten incrementar hasta 5 veces la producción secundaria respecto al campo natural.

Mejoramientos de campo natural realizados sobre suelos de basalto con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* sometidos a 3 cargas 2,28, 1,95 y 1,38 novillos por hectárea en promedio produjeron ganancias de 286, 259 y 240 kg de PV/ha respectivamente. Las ganancias diarias promedio para dichos

tratamientos fueron de 446, 457 y 572 gramos por animal en el mismo orden, ello permite concluir que la mayor producción en kg de carne por hectárea se debe principalmente a la carga la cual es del doble si se lo compara con campo natural (Bemhaja, 1994a). Por otro lado Ayala y Carámbula (1996b) en mejoramientos de segundo año utilizando las mismas especies sembradas pero en la región este obtuvieron una producción de 551 kg de carne equivalente por hectárea, los cuales comparados con el testigo de campo natural superó este último en 505%.

Para suelos del cristalino mejorados con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* y otro con *Lotus subbiflorus* sometidos a dos manejos de pastoreo (alterno y rotativo) y a dos cargas diferentes (1,56 y 1,9 novillos/ha), se obtuvieron en todos los casos producciones mayores a los 267 kg/ha. Se destaca que la producción de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* fue siempre mayor a la del *Lotus subbiflorus* producto de mejores ganancias diarias en el primer tipo de mejoramiento. Por otro lado las cargas altas fueron las que obtuvieron menores ganancias individuales pero mayores producciones por hectárea independientemente del sistema de pastoreo, esto probablemente sea en consecuencia de que el periodo de descanso para cada tratamiento sea muy similar, 42 y 35 días de descanso para rotativo y alterno respectivamente. Para los dos tipos de mejoramiento se observó que la eficiencia de conversión medida en kg de forraje/kg de carne producidos fue de 23,1 para el mejoramiento de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* y de 25,3 para el mejoramiento con *Lotus subbiflorus* (Risso et al., 2002).

Otros estudios realizados sobre mejoramientos de campo en Basalto para el promedio de 3 años, observaron que para tres manejos de carga alta, media y baja, coinciden con trabajos antes mencionados donde las mayores producciones se obtienen con cargas altas y con valores mínimos de producción para las cargas bajas de 265 kg/ha lo cual supera ampliamente las producciones sobre campo natural sin intervención (Risso et al., 1998b).

La herramienta de los mejoramientos permite entonces aumentar la carga animal por unidad de superficie, mejorar las ganancias diarias promedio y en consecuencia como suma de estos factores aumentar la producción de carne. Esta alternativa debería emplearse en un área no mayor al 10% del predio para poder hacer uso efectivo de los momentos de mayor producción de forraje y no generar excesos (Millot, citado por Risso y Berretta, 2001).

2.4 VARIABLES DE MANEJO DEL PASTOREO

Las principales variables de manejo de ganadería en campo natural son la carga como la base de ajuste principal, la relación Lanar/Vacuno (como un indicador o una variable de manejo intermedia), y por último los métodos de pastoreo utilizados (Martínez, 2017).

La oferta de forraje (OF) es la relación entre la masa de forraje disponible y los kg de PV animal por unidad de área a ser pastoreada, en un momento dado (Allen et al., 2011). Dicha relación se encuentra correlacionada negativamente con la carga y por ende con la intensidad del pastoreo, es decir al aumentar la carga animal disminuye la OF generando una mayor intensidad de pastoreo y viceversa. A su vez, la carga animal actúa a través del consumo definiendo la cantidad y calidad de la biomasa removida y remanente presente en el campo. Tanto la carga como las características del forraje disponible actúan sobre el comportamiento ingestivo de los animales condicionando el desempeño individual de los mismos, modificando la frecuencia e intensidad de defoliación (Boggiano y Zanoniani, 2017).

Una vez definida la carga animal, lo que queda por definir es el método de pastoreo a utilizar. El mismo puede consistir en un pastoreo de ocupación continua, en el cual los animales permanecen en un potrero dado, o bien puede ser el método rotativo que consiste en el movimiento periódico y secuencial del ganado entre un número variable de potreros, implicando períodos definidos de ocupación y descanso (Millot et al., 1987).

2.4.1 Efecto de la intensidad de pastoreo

2.4.1.1 En la producción primaria

Se observó que la altura de defoliación afectó la producción invernal en 4 de los 5 años evaluados, viéndose incrementada la producción a medida que se realizaban defoliaciones más intensas (2,5 cm > 5.0 cm > 7,5 cm). Al cabo de 5 años de experimentación se registraron diferencias en el total de forraje acumulado entre los tratamientos más extremos de intensidades de pastoreos (2,5 y 7,5 cm), de un 16% a favor de la intensidad de 2,5 cm. De esto resulta que aquellos manejos más intensos son los que permiten un mayor aprovechamiento del crecimiento que ocurre en estratos inferiores de la pastura, en contraposición con manejos más aliviados donde no se logra cosechar parte del forraje producido en los estratos inferiores ocurriendo un paulatino envejecimiento y pérdida del forraje producido (Ayala y Bermúdez, 2005).

En contrapartida Zanoniani et al. (2011), evaluaron la producción invernal en kg/ha de MS en función de distintos niveles de OF y distintos niveles de fertilización con N. Al observar la evolución de producción cuando no se fertiliza, se observa que al aumentar la OF aumenta la producción de MS. En la misma línea Soares et al. (2005) observaron que la mayor cantidad de forraje se encontró en la oferta del 16% en los períodos de verano e invierno, mientras que en otoño no hubo diferencia significativa. Al comparar los valores promedio de la cantidad de forraje, se confirma la superioridad de la oferta del 16%.

Reffatti et al. (2008) evaluaron la influencia de diferentes ofertas de forraje y sus combinaciones durante todo el año sobre la dinámica del crecimiento de los pastos y el rendimiento de los animales. Los tratamientos fueron ofertas fijas de forraje durante todo el año: 4; 8; 12 y 16 kg de materia seca cada 100 kg de peso vivo/día y combinaciones de las mismas correspondientes a: 8% en primavera y 12% el resto del año; 12% en primavera y 8% el resto del año; 16% en primavera y 12% el resto del año. Se obtuvieron como resultado alturas del pasto con valores promedio de 3,7 cm en OF 4% y 8,5 cm en OF 16%, la MF (materia fresca) varió de 800 kg/ha en OF 4% a 1.700 kg/ha con las ofertas mayores. Estos autores afirman que en el cambio de OF del 8% en la primavera y 12% en las otras estaciones del año se traduce en un aumento en la TA (tasa de acumulación) del pasto, dando como resultado una mayor producción anual de forraje. Las menores acumulaciones se observaron en el tratamiento del 4%, que tuvo la altura promedio más baja del pasto. En la misma línea se observaron TA de 18 kg/ha de MS cuando se trabajó con ofertas del 16% y 7 kg/ha de MS al ofertar 4%. A su vez observaron tasas iguales en los valores altos de oferta pero para los tratamientos de OF 4% registraron tasas de 13 kg/ha de MS (Correa y Marschin, Pinto et al., citados por Reffatti et al., 2008).

Pizzio y Pallares (1994) durante 9 años evaluaron en un ensayo 3 cargas (0,83, 1,13 y 1,48 Vaquillonas/ha/año). De las 3 cargas evaluadas, la carga alta (correspondiente a menores ofertas) afectó sustancialmente la disponibilidad de materia seca, llegando a niveles realmente críticos a partir del quinto año de pastoreo. En otro experimento realizado con novillos con cargas de 1,33 nov/ha la disponibilidad de MS disminuyó considerablemente, llegando en el quinto año a 1.000 kg/ha de MS, con un 25 % de suelo desnudo y una falta total de mantillo. En ambos ensayos a la carga baja se registró una acumulación de pasto que alcanzó 4.000 kg/ha de MS. En cambio con cargas medias se dio una estabilidad de la disponibilidad a través del tiempo y estuvo próximo a los 2.000 kg/ha de MS con variaciones entre años.

2.4.1.2 En la composición botánica

Interferir en la intensidad de pastoreo repercute en la vegetación que prevalece en el potrero. En la medida que se realizó una utilización más intensa (2,5 cm) y frecuente de la pastura se incrementó sensiblemente el área de suelo descubierto, aunque se mejora la relación verde/seco en el forraje, provoca una mayor presencia de algunas hierbas enanas, que se asocian a síntomas de degradación, a su vez promueve pastos cortos de porte más rastrero, que en general mantienen sus puntos de crecimiento en la superficie del suelo o muy cerca de ella, que no elevan los meristemos apicales hasta próximo el inicio reproductivo y que mantienen en los estratos inferiores un área importante de tejido fotosintético para posibilitar el rebrote (Heady y Child, citados por Ayala y Bermúdez, 2005). Por su parte el manejo aliviado (7,5 cm) no sólo presenta un mayor aporte de las gramíneas, sino que dentro de estas, hay una mayor expresión de los pastos erectos, más productivos, aunque decaen en su calidad fácilmente cuando se manejan con descansos excesivos (Ayala y Bermúdez, 2005).

En la misma línea de investigación Pizzio y Pallares (1994) pudieron observar el incremento de las especies rastreras del género *Paspalum* con el aumento de la carga y por otro lado la disminución de la especie *Coelorhachis selloana*. Algo similar ocurrió con el experimento con novillos que en este caso la especie que más disminuyó con el aumento de la carga fue *Andropogon lateralis*.

Mediante la evaluación de la vegetación de campo natural sobre cuatro tratamientos de oferta de forraje (4; 8; 12 y 16 kgMS/100 kg PV) durante cinco años en la Depresión Central, RS, Boldrini, citado por Zanoniani (2009) verificó que *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* presentaron las menores tasas de cobertura en pastoreos menos intensos (OF 16%), lo que sugiere la ventaja competitiva de las especies de porte erecto. Lo contrario ocurre con cargas altas (OF 4%) donde dichas especies predominan en un tapiz bajo compuesto por especies cuya presencia de estolones ejemplifica estrategias de escape a la intensidad de pastoreo. Otras especies como *Andropogon lateralis*, *Aristida filifolia*, *Desmodium incanum* y *Paspalum plicatulum* fueron beneficiadas por ofertas de forraje intermedias a altas. Con OF de 8% PV, ocurrió la formación de dos estratos, siendo el inferior bastante denso y el superior ralo, con especies subarborescentes y como *Baccharis trimera* y *Vernonia nudiflora*, arborescentes espinosas como *Eryngium horridum*, gramíneas erectas como *Andropogon lateralis* y *Aristida laevis*. En los tratamientos de OF de 12 y 16%, el estrato alto se tornó más definido y frecuente, presentando un aspecto de mosaico con lugares pastoreados y otros rechazados. Por lo mencionado anteriormente, se evidencian diferencias en la composición botánica en función de la intensidad de

pastoreo, promoviendo o disminuyendo la diferenciación de estratos, por lo que interferir en dicha variable tiene efecto en la producción.

2.4.1.3 En la producción secundaria

Reffati et al. (2008) afirman que los animales por debajo de OF 4%, caracterizados por proporcionar la altura más baja de pasto y masa de forraje, presentaron el rendimiento individual más bajo entre todas las OF. Sin embargo, la transición de OF 12 a 16% trae una gran influencia en el proceso de búsqueda y cosecha de forraje. El hecho es que, junto con el aumento en la disponibilidad de forraje, hay un aumento en la complejidad de la estructura de la vegetación y, con esto, un aumento en la dificultad para que los animales la exploren. Estas consecuencias negativas de la estructura del pasto se reflejan en el proceso de recolección de forraje por parte de los animales y se pueden observar, por ejemplo, en la igualdad de rendimiento entre los animales en el OF 12 y 16%. El aumento de OF trae consigo aumentos en la altura de la masa de pasto y forraje, pero estos no se reflejan en un aumento en el rendimiento animal.

Soares et al. (2005) observaron que los valores obtenidos para los tratamientos de 8, 12 y 16% de suministro fueron 116, 109 y 90 kg/ha de PV, respectivamente, en el período del 23/10 al 22/12. Setelich, citado por Soares et al. (2005) obtuvo valores muy similares al mismo tiempo de la evaluación. Sin embargo, este autor obtuvo un efecto cuadrático de OF en el que se obtuvo la GPV máximo en la oferta del 12,3%. Comparando los promedios de las estaciones Soares et al. (2005) constataron una diferencia a favor de la primavera, en la cual el GMD fue 0,735 kg/an/día mientras que en verano, otoño e invierno fue 0,535; 0,086 y -0,046 kg/an/día, respectivamente. La mayor GMD en el período de invierno se constató en el tratamiento del 8-12%, esto puede atribuirse a la mayor calidad del forraje en el invierno. Estos autores concluyen que los cambios en el suministro de forraje durante todo el año producen cambios en la vegetación que dan como resultado diferentes rendimientos de los animales en comparación con las ofertas fijas de forraje. Este impacto demuestra ser particularmente importante en el período de mayor restricción de forraje, cuando la evolución de un menor suministro en la primavera (8%) hacia un mayor suministro en el resto del año (12%) incluso logra producir ganancias de peso positivas, abriendo un nuevo horizonte de potencial de producción animal en pasturas nativas.

2.4.2 Efecto del método de pastoreo

Allen et al. (2011) definen al método de pastoreo como una combinación definida e integrada de características del suelo, plantas, animales, sociales y económicas, métodos de almacenamiento (pastoreo) y objetivos de gestión

diseñados para lograr resultados u objetivos específicos. Estos autores concluyen que una unidad de manejo de pastoreo no necesariamente puede ser un área única, sino que puede tener varias subdivisiones. También puede incluir períodos de pastoreo y períodos de descanso, dependiendo del método de almacenamiento de forraje utilizado lo cual no implica una ocupación continua de animales en determinada área durante un tiempo definido.

2.4.2.1 En la producción primaria

Mediante la implementación de pastoreo rotativo, a medida que es más intenso y menos frecuente, la producción invernal aumenta. En el caso de la primavera, la producción aumenta cuando se disminuye la frecuencia, hasta los 90 días, mientras que el grado de intensidad no tiene un resultado significativo sobre la producción (Ayala y Bermúdez, 2005). Experimentos realizados por Formoso (2005) utilizando 0,8 unidades ganaderas/ha, obtuvieron resultados con un aumento de la PPNA (Producción Primaria Neta Aérea) en los tratamientos diferidos.

Berretta (2005) realizó un estudio donde se hicieron cortes cada 14, 28, 42 y 56 días con el fin de calcular la tasa de crecimiento diario y la cantidad de forraje acumulado al final del período de una vegetación característica de un suelo de basalto. Se observa una disminución de la TCD (tasa de crecimiento diaria) a medida que aumenta el período, es decir, una disminución de la velocidad de crecimiento a medida que transcurre el tiempo. La TCD del tratamiento con cortes cada 56 días es un 32,4% de la del tratamiento con cortes cada 14 días. Este período de reposo, si bien tiene una elevada velocidad de crecimiento, no parece ser adecuado para la conservación del campo, particularmente en los momentos de déficits hídricos y bajas temperaturas. Considerando la cantidad de forraje acumulada en cada uno de los períodos de los tratamientos, a diferencia de lo que ocurre con la TCD, el tratamiento con mayor intervalo entre cortes acumula más forraje, aun cuando su velocidad de crecimiento es menor. Berretta et al. (2001b) dicen que hay un efecto del método de pastoreo que se mantiene en el tiempo. En potreros con pastoreo rotativo, aún con carga relativamente alta, se registra un mayor rebrote que en aquellos que han tenido pastoreo continuo y carga igual o algo menor. Por lo tanto concluyen que los descansos favorecen la recomposición del tejido fotosintético y por consiguiente la capacidad de las plantas para producir reservas para su supervivencia.

A medida que se prolonga el pastoreo de un campo con carga alta y con ocupación continua por largos períodos, hay un incremento de los pastos estoloníferos como pasto horqueta y pasto chato. Estas plantas son de ciclo estival, por lo tanto, además de ocurrir una reducción en la producción de forraje,

hay un cambio hacia una vegetación de verano ya que la gran mayoría de los pastos estoloníferos de los campos son estivales. Por otra parte, las especies invernales finas, al florecer cuando la disponibilidad de forraje es menor, no llegan a semillar, entonces su persistencia depende únicamente de los mecanismos de reproducción vegetativa. Un ejemplo de esta situación es *Poa lanigera*, que es una planta apetecible aún florecida; los descansos que le permiten florecer y semillar favorecen el incremento de su frecuencia (Berretta et al., 2001b).

2.4.2.2 En la calidad de la pastura

Berretta et al. (2001b) afirman que al diagramar los sistemas de pastoreo hay que tener en cuenta particularmente la proporción de pastos ordinarios y duros porque con descansos prolongados y cargas instantáneas insuficientes puede dar lugar al aumento de éstos. La maduración del forraje, por baja frecuencia de defoliación sobre un número importante de plantas, ocasiona una pérdida del valor nutritivo y aumenta las diferencias en palatabilidad. En la misma línea Formoso (2005) dice que en primavera, el sistema continuo presenta un rebrote 12% superior en calidad que el sistema diferido, compuesto por gramíneas rastreras y dicotiledóneas. Sin embargo, la escasa pastura disponible disminuye la capacidad de cosecha de los bovinos que se ven forzados a compensar la dieta con restos secos o pastos duros. En el sistema diferido, la promoción de gramíneas de porte erecto y el descanso de las parcelas permite una mejor oferta de pastura, pero de menor calidad.

Berretta (2005) obtuvo resultados en la producción anual de forraje, promedio de nueve años, en el cual no presentó grandes diferencias entre los distintos tratamientos considerados. Los dos tratamientos con carga rotativa tienen una producción de forraje superior a la de los tratamientos con carga continua, alrededor del 11%, atribuyendo el mismo a que el pastoreo con períodos de descanso adecuados permite una mejor recuperación de las plantas y su rebrote no es comido inmediatamente. Teniendo así mayor cantidad de tejido fotosintético para acumular reservas; por otra parte, los períodos de descanso entre pastoreos favorecen la floración y semillazón de las especies.

Berretta (2005) dice que los tipos productivos que tuvieron mayor predominancia bajo pastoreo rotativo respecto al continuo, fueron los pastos ordinarios, debido a un período de descanso que permitió que *Paspalum plicatulum* y *Schyzachyrium spicatum* acumularan hojas viejas disminuyendo así la apetecibilidad de la pastura. En cuanto a los finos-tiernos no se dieron diferencias entre pastoreo rotativo y continuo, presentando las mismas especies *Andropogon ternatus*, *Aristida uruguayensis* y *Stipa setigera*. En relación al suelo desnudo, éste representa una menor proporción en pastoreo rotativo respecto al

continuo, lo cual puede estar dado por una mayor recuperación del tapiz vegetal por tener período de descanso. Los restos secos son mayores en pastoreos rotativos, lo cual también está relacionado al tiempo de descanso, durante el cual especies con alta TAF (tasa de aparición foliar) y baja VMF (vida media foliar), como *Paspalum plicatulum*, acumulan restos secos (Berretta, 2005).

2.4.2.3 En la producción secundaria

Berretta et al. (2001b) afirman que para mantener peso o ganancias moderadas en vacunos durante el invierno es aconsejable comenzar el pastoreo con disponibilidades de forraje de 1.300 a 1.500 kg/ha de MS, con una altura de 5-7 cm; cuando no se reserva forraje por lo general se producen pérdidas de peso (Pittaluga et al., citados por Berretta et al., 2001b). Cuando los pastos invernales tienen muy escasa presencia, la acumulación de forraje debe hacerse durante períodos cortos, porque el alargamiento de los mismos disminuye rápidamente la calidad del forraje.

El sistema de pastoreo diferido, si bien permite un aumento en la cantidad de materia seca, no absorbe el efecto de la carga y resulta ineficaz para mantener 1,2 unidades ganaderas/ha en condiciones productivas. Los resultados no mostraron una ventaja de este sistema de pastoreo en los índices productivos GPV y PVS de bovinos y ovinos (Formoso, 2005).

Trabajos realizados por Formoso (2005), evaluando las ganancias en peso vivo de bovinos de 2 años a igual carga, no encontró diferencias significativas entre pastoreos continuos y pastoreos diferidos (rotativos). En la misma lógica de experimentación Ayala y Bermúdez (2005), manteniendo cargas de 0,92 UG/ha encontraron productividades de 103 y 108 kg/ha/año a favor del pastoreo continuo pero sin diferencias significativas. Estos autores en el correr de 3 años de investigación obtuvieron ganancias anuales promedios de 0,296 kg/an/día para pastoreos continuos y 0,283 kg/an/día sin diferencias significativas. Rodríguez Palma y Rodríguez (2017) realizando un pastoreo continuo con carga variable manteniendo alturas de corte de entre 6 y 11 cm obtuvieron GPV en el entorno de los 0,398 kg/an/día en el correr de 14 años de investigación.

2.4.2.4 Estructura de la pastura asociado a la performance animal

La estructura de la pastura afecta el nivel de consumo de los animales y con ello el desempeño animal. Esto es bien explicado por Cangiano (1997) quien demuestra a través de una gráfica como a medida que se aumenta la oferta de forraje verde y la altura de la pastura el consumo se ve favorecido por los factores no nutricionales y que leves cambios en la oferta y altura de la pastura

inciden de manera positiva en la producción secundaria. En cambio cuando la oferta de material verde y altura de la pastura no son limitantes, los factores que inciden en el consumo y en el desempeño animal pasan a ser factores nutricionales como ser la calidad de la pastura.

A su vez la dieta ofrecida incide en el consumo animal por factores tanto nutricionales como no nutricionales. Por un lado las leguminosas inciden sobre la estructura de la pastura facilitando la cosecha por parte de los animales determinando un mayor consumo, por otro lado la mejor calidad de las leguminosas frente a las gramíneas determinan una mayor producción individual.

La selectividad animal se ve afectada por la estructura y densidad de la pastura y con ello la productividad. La heterogeneidad de la pastura afecta la selectividad. Cuando hay alta oferta y heterogeneidad, los animales tienen la capacidad de seleccionar dejando zonas sub pastoreadas que pierden calidad y son rechazados, esto contribuye a aumentar la heterogeneidad de la pastura. Esta selectividad se da por diferencias en la calidad de la pastura, a ofertas altas el animal tiene la capacidad aún de seleccionar los manchones más altos y densos pero por otro lado se puede producir una caída en el consumo por alta selección y bajo peso de bocado que determinaría menor producción animal (Galli et al., 1996).

El consumo y la productividad dependen de la cantidad, calidad y estructura general de la pastura, a medida que la pastura tiene mayor calidad y mejor accesibilidad se dan los mejores desempeños individuales (Cangiano, 1997). El desempeño animal multiplicado por el número de animales determina la producción por unidad de superficie (Nabinger y de Faccio Carvalo, citados por Anfuso et al., 2016).

2.5 HIPÓTESIS

Niveles crecientes de intervención del campo natural modifican la producción secundaria de forma progresiva ($CN < CN_m < N60 < N120$).

El tratamiento que incorpora leguminosas ofrecerá una dieta de mayor calidad pudiendo así mejorar la producción secundaria consecuencia de una mayor productividad individual y asociado a un leve aumento de carga. La fertilización nitrogenada permitiría un aumento de la carga la cual impactaría mejorando la producción secundaria.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Localización del sitio experimental

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

El período de evaluación estuvo comprendido entre el 28 de junio y el 20 de noviembre del 2018. El mismo fue dividido en tres estaciones: invierno desde el 28 de junio al 27 de agosto, invierno-primavera desde el 27 de agosto del al 23 de octubre y primavera desde el 23 de octubre al 20 de noviembre.

La zona en evaluación presenta un clima templado, información climática histórica para el período 2002-2017 registra temperaturas medias de 15°C y precipitaciones mensuales promedio de 101mm durante el período junio-noviembre. El régimen de las precipitaciones es isohigro el cual se caracteriza por su irregularidad y variabilidad interanual. Pueden ocurrir tanto períodos de déficit como de exceso de lluvias, teniendo como resultado un promedio de 1.100mm anuales.

3.1.2 Caracterización del sitio experimental

3.1.2.1 Suelos

La unidad experimental se encuentra sobre suelos pertenecientes a la Unidad San Manuel, según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000, los cuales son caracterizados como Brunosoles eútricos típicos presentando Solonetz solodizados melánicos y Brunosoles eútricos lúvicos como suelos asociados (MAP. DSF, 1976). Estos suelos se desarrollan sobre la Formación Fray Bentos (MAP. DSF, 1979).

3.1.2.2 Vegetación

La vegetación presente en el sitio experimental es muy variada debido a la diversidad de especies característico del campo natural. Se puede apreciar distintos estratos dentro de cada potrero, los cuales se pueden diferenciar en estrato bajo, medio y alto.

En el estrato inferior se observan gramíneas invernales como *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa megapotamica* y *Stipa setigera*, y estivales como *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum* y *Setaria geniculata*. A su vez se encuentran leguminosas asociadas como *Adesmia bicolor*, *Desmodium incanum* y *Medicago lupulina*.

El estrato medio se caracteriza por presentar especies subarborescentes como lo son *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eryngium horridum* y *Eupatorium buniifolium*.

Por último, el estrato superior (alto) está compuesto por especies arbustivas características de monte parque como *Acacia Caven* y *Prosopis affinis* (Cejas, 2016).

3.1.2.3 Condiciones climáticas e índice de temperatura y humedad

Los promedios históricos (2002-2017) para precipitación anual y temperatura del aire para la localidad de Paysandú se obtuvieron de información procedente de la estación meteorológica de la EEMAC.

Para el cálculo del índice de temperatura y humedad (ITH) fue aplicada la siguiente ecuación:

$$ITH = (1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times HR) \times (1,8 \times T - 26)]$$

(T= temperatura media diaria (°C); HR= humedad relativa (%)).

Los valores son comparados con Livestock Weather Safety Index (normal <74, alerta 75-78, riesgo 79-83, emergencia >84, Johnson, 1994).

3.1.2.4 Antecedentes del pastoreo

El experimento comenzó a fines del año 2014, sobre un campo caracterizado como “campo virgen” debido a la presencia de especies indicadoras como *Dorstenia brasiliensis* y *Geranium albicans* (Rosengurtt, 1979). Desde el inicio del experimento se mantuvo el mismo empotramiento con sus correspondientes tratamientos. Siempre se realizó el mismo manejo de pastoreo manteniendo ofertas objetivas de entre 6 y 8% para las estaciones de otoño e invierno y de entre 10 y 12% en primavera y verano.

3.1.3 Descripción de los tratamientos

Se realizaron dos experimentos en paralelo, uno correspondiente a la evaluación de 3 niveles de intervención sobre el campo natural con respecto a

un testigo y el otro con el fin de obtener información adicional sobre las intervenciones con fertilizante.

El primero se ubica en los bloques I, II, III y IV con un tratamiento de campo natural sin intervención correspondiente a el testigo (CN), un segundo tratamiento donde se realizó una fertilización con 60 kg/ha/año de N + 40 kg/ha de P₂O₅ (60N), luego se realizó un tratamiento con un aumento en la dosis del fertilizante nitrogenado con 120 kg/ha/año de N + 40 kg/ha de P₂O₅ (120N) y por último un tratamiento introduciendo leguminosas a una densidad de 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cv. El Matrero y 8 kg/ha de *Trifolium pratense* cv E116 con una fertilización de 40 kg/ha de P₂O₅ (CNm).

La siembra de *Lotus tenuis* y *Trifolium pratense* se realizó al voleo en otoño 2018. Previamente se había realizado la misma mejora en el año 2015 ya que en el año que comenzó el experimento se había obtenido una mala implantación (Gallinal et al., 2016).

Para el segundo experimento se evaluaron sólo dos niveles de fertilización nitrogenada los cuales se ubicaron sobre el bloque V. La fertilización nitrogenada se realizó con una fuente amoniacal bajo forma de urea granulada, en dos aplicaciones de media dosis, una en otoño y otra a fines de invierno. La primera aplicación se llevó a cabo en el mes de mayo y la segunda en setiembre, cada una con 30 kg/ha de N y 60 kg/ha de N para los tratamientos 60N y 120N respectivamente.

3.1.4 Diseño experimental

En ambos experimentos el diseño fue en bloques completos al azar. Los bloques I, II, III y IV fueron divididos en cuatro parcelas y cada tratamiento fue distribuido al azar en cada una de ellas. El área promedio de cada parcela fue de 0,72 ha para los tratamientos CN y CNm, y de 0,26 ha para los tratamientos 60N y 120N, sumando un total de 7,86 ha.

El segundo experimento ubicado en el bloque V, el cual previo al 2014 tuvo fertilizaciones diferentes, fue dividido en dos, bloque Va y bloque Vb, los cuales a su vez se subdividieron en dos parcelas de aproximadamente 0,26 ha cada una, donde se adjudicaron al azar los dos tratamientos 60N y 120N. El área total de dicho experimento fue de 1,04 ha.

En la Figura No. 1 se detalla la distribución de los bloques y la ubicación de las parcelas con sus respectivos tratamientos.

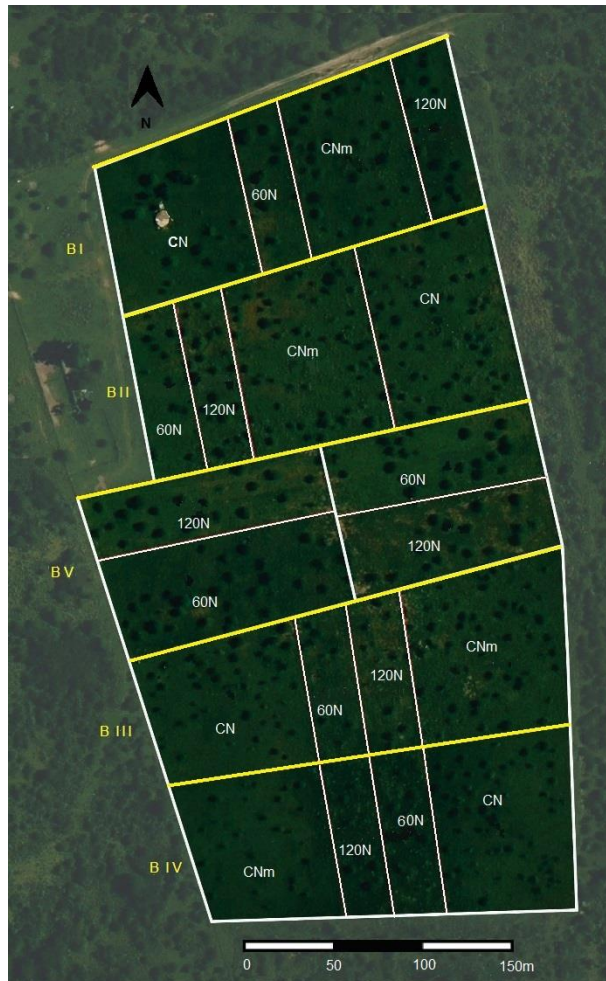


Figura No. 1. Croquis del área experimental

3.1.5 Animales experimentales

El experimento se llevó a cabo con novillos de la raza Holando de 1,5 a 2 años de edad, con un peso promedio inicial de 206 ± 25 kgPV en el experimento 1 y 235 ± 31 kg en el experimento 2. Los animales fueron asignados al azar a los distintos tratamientos. Es necesario aclarar que todos los animales recibieron control de parásitos.

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1 Manejo del pastoreo

El manejo del pastoreo planteado es rotativo de carga variable ajustado por oferta de forraje la cual se fijó en valores de entre 8 y 12%. Se utilizó el

método de “put and take” (Mott y Lucas, 1952) habiendo animales fijos y animales volante que entran o salen del pastoreo para ajustar la carga al objetivo. Esto permite realizar comparaciones entre tratamientos dado que se busca que la intensidad de pastoreo sea igual en los distintos tratamientos, justificado por la misma relación entre el forraje ofrecido y los kg de peso vivo presentes. El ciclo de pastoreo es de 56 días, 14 de ocupación y 42 de descanso.

3.2.2 Determinaciones en producción primaria

3.2.2.1 Materia seca

Para estimar la materia seca presente se utilizó el método del disco, midiendo antes de la entrada de los animales obteniéndose así la cantidad de disponible y luego de la salida de los animales para obtener el remanente. Para la implementación de dicho método se contó con un disco de aluminio de $0,1\text{m}^2$ y una varilla calibrada en cm, los cortes se hicieron con tijeras de esquila. Se obtuvo una ecuación de regresión entre los valores de peso seco y las alturas respectivas para cada fecha de muestreo. La ruta con el disco en una trayectoria predeterminada (fija) proporcionó la altura promedio del residuo en 50 o 100 lecturas para reemplazar “X” en la ecuación $Y = a + bx$ e informar el residuo existente “Y” (Barcellos, 1990).

Se realizaron 100 mediciones en los potreros de 0,72 ha y 50 en los de 0,26 ha. Una vez que se tiene el promedio de altura de disco se tomaron 5 medidas del mismo que estén dentro del rango medido y se corta toda la materia vegetal dentro de un aro con la misma área del disco. Una vez obtenidas las muestras, se separó material verde de seco con el objetivo de en primer lugar; estimar el crecimiento de la pastura a partir del remanente verde y segundo, estimar el porcentaje de material verde el cual es el que aporta calidad a la dieta.

Una vez separado el verde del seco, se llevaron las muestras a estufas donde se secaron a 60°C por 72 horas y luego se las pesó en balanza de precisión para estimar la cantidad de materia seca de la muestra. Una vez obtenidos los datos de las mediciones para un mismo potrero, se ajustan a una regresión que explica la cantidad de materia seca presente en función de la altura de disco. Luego sustituyendo el valor promedio de las alturas del disco en todo el potrero se obtiene el valor de kilogramos de materia seca por hectárea. A su vez se obtiene el promedio del porcentaje de material verde para la muestra y se prorratea al valor total de materia seca disponible o remanente según sea el caso.

3.2.2.2 Materia seca presente

Es la materia seca presente previo a la entrada de los animales a la parcela, se estima promediando la altura de 100 o 50 mediciones de disco y sustituyendo este valor en la ecuación de regresión correspondiente a cada tratamiento.

3.2.2.3 Materia seca disponible

Se calcula como la MS presente más la MS producida durante el período de pastoreo

$$MSD = MS \text{ presente} + MS \text{ acumulada en PP (TC*PP)}$$

3.2.2.4 Materia seca remanente

Es la materia seca presente en el momento en el que se retiran los animales de la parcela, utilizando el mismo método de estimación utilizado para hallar la materia seca disponible.

3.2.2.5 Materia seca producida

La materia seca producida se obtiene hallando la diferencia entre la materia seca del disponible y la materia seca remanente del período de pastoreo anterior, para una misma parcela.

3.2.2.6 Tasa de crecimiento diaria

Para realizar la estimación de tasa de crecimiento diario se divide el valor de la materia seca producida entre los días de descanso que tuvo la parcela.

3.2.2.7 Materia seca desaparecida

Para este cálculo, el cual representa la cantidad de pasto desaparecido por consumo, pisoteo, senescencia y heces, se obtiene restándole a los kg de MS disponible los kg de MS remanente. Una vez hallado este valor se puede obtener el porcentaje de lo desaparecido en función del disponible al inicio del periodo de pastoreo.

3.2.3 Determinaciones en producción secundaria

3.2.3.1 Carga y peso vivo

El peso de los animales se tomó cada 28 días, los mismos se encerraban a última hora de la tarde y se pesaban al cabo de 12 horas con el objetivo de obtener el peso destarado de los mismos y así no sobreestimar el peso de estos por la cantidad de materia vegetal que tengan dentro del tracto digestivo.

La carga se obtuvo a partir del peso promedio de los animales entre el inicio y el fin del periodo de pastoreo y dividido por el área de cada parcela. El peso medio se calcula como:

$$PVM = (PVi + PVf) / 2$$

(PVM= peso vivo medio; PVf= peso vivo final; PVi=el peso vivo inicial).

3.2.3.2 Ganancia media diaria animal y producción de PV por hectárea

La ganancia media diaria se obtuvo para cada intervalo de 28 días, la siguiente ecuación:

$$GMD = (PVf - PVi) / 28$$

Estas ganancias a su vez fueron luego promediadas por estación. Cabe destacar que se obtuvo la ganancia media individual que permitió obtener la ganancia media global y promedio de los animales por tratamiento.

Una vez obtenida la ganancia individual y por grupo de pastoreo se divide esta por el área para cada tratamiento. La producción en el total del período y estacional se halló de la misma manera.

3.2.3.3 Oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) es definida como los kg de materia seca por cada 100 kg/día de PV (Maraschin, 1993). Para este cálculo se dividió la MSD disponible entre los días de ocupación. A este valor se le sumo la tasa de crecimiento diaria, para así, obtener los kg/día de MS. Mediante la determinación de los kg de MSD, el período de pastoreo y las OF objetivo, se estimó los kg de PV necesario para lograr estas OF y se ajustó la carga.

3.2.3.4 Porcentaje de desaparecido

El porcentaje de desaparecido refiere a la proporción de forraje disponible que desaparece en el período de pastoreo, del cual una parte corresponde al consumido por los animales. Se calculó para cada tratamiento y para todo el período de evaluación. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$\text{Desaparecido} = \frac{\% \text{ MS disp.} - \text{MS rem.}}{\text{MS disp.}}$$

3.2.3.5 Eficiencia de transformación de la producción

Este indicador de eficiencia de producción indica los kg de materia seca necesarios para producir un kg de PV animal y se estima con la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de transformación de la producción} = \frac{\text{PMS (kg)}}{\text{ganancia por superficie (kg)}}$$

3.3 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

□ Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ $T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ No hay diferencia entre efecto de los tratamientos

□ Ha: al menos una de las medias de los tratamientos es diferente, al menos un efecto del tratamiento tiene efecto.

3.4 MODELO ESTADÍSTICO

3.4.1 Modelo estadístico de producción primaria

El modelo del experimento para la producción primaria corresponde a un diseño en bloques completos al azar (DBCA). Este modelo se representa como:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + 2_k + \tau_{2ik} + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

- ☐ Y_{ij} = variable de interés
- ☐ μ = media general
- ☐ τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento
- ☐ β_j = efecto del j-ésimo bloque
- ☐ 2_k = efecto de la 2-ésima período
- ☐ τ_{2ik} = efecto de la ik-ésima interacción tratamiento*período
- ☐ ε_{ij} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ij}

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%.

3.4.2 Modelo estadístico animal

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

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + 2_i + \beta_1(P_{li} - P_{lm}) + \tau_{2ik} + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

- ☐ Y_{ij} = variable de interés
- ☐ μ = media general
- ☐ τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento
- ☐ 2_k = efecto del k-ésimo período
- ☐ β_1 = coeficiente de regresión de la covarianza PI

- P_{li} = peso animal al inicio de la estación (covariable)
- P_{lm} = peso animal medio al inicio de cada estación
- τ_{2ik} = efecto de la ik-ésima interacción tratamiento*período
- ε_{ij} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ij}

Se llevó a cabo el análisis de covarianza entre tratamientos, teniendo como covariable el peso inicial de los animales en cada estación, y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con una probabilidad de 10%.

3.4.3 Contrastes ortogonales

Se realizaron contrastes ortogonales para cada variable estudiada, el primer contraste compara la el valor del tratamiento testigo frente al promedio del resto de los tratamientos, el segundo tratamiento compara el tratamiento de CNm frente al promedio de los tratamientos nitrogenados y el tercer contraste compara el tratamiento de 60N frente al de 120N.

Contraste 1: ¿Hay efectos en la intervención del campo natural?

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

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

□ H_0 : $CN = \frac{1}{3} (\tau_{CNm} + \tau_{60N} + \tau_{120N})$

H_0 : $\tau_{CN} - \frac{1}{3} \tau_{CNm} - \frac{1}{3} \tau_{60N} - \frac{1}{3} \tau_{120N} = 0$

□ H_a : $CN \neq \frac{1}{3} (\tau_{CNm} + \tau_{60N} + \tau_{120N})$

H_a : $\tau_{CN} - \frac{1}{3} \tau_{CNm} - \frac{1}{3} \tau_{60N} - \frac{1}{3} \tau_{120N} \neq 0$

Contraste 2: ¿hay efectos en el tipo de intervención (introducción de leguminosas o fertilización nitrogenada)?

□ H_0 : no hay efectos entre la introducción de leguminosas y fertilización

□ H_a : si hay diferencia entre introducción de leguminosas y fertilización

□ H_0 : $\tau_{CNm} = \frac{1}{2} (\tau_{60N} + \tau_{120N})$

H_0 : $\tau_{CNm} - \frac{1}{2} \tau_{60N} - \frac{1}{2} \tau_{120N} = 0$

☐ Ha: $\tau_{CNm} \neq \frac{1}{2} (\tau_{60N} + \tau_{120N})$

Ha: $\tau_{CNm} - \frac{1}{2} \tau_{60N} - \frac{1}{2} \tau_{120N} \neq 0$

Contraste 3: ¿existe efecto en la dosis aplicada?

☐ Ho: no hay diferencia entre la fertilización con 60N y 120N

☐ Ha: si hay diferencia entre la fertilización con 60N y 120N

☐ Ho: $\tau_{60N} = \tau_{120N}$

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

☐ Ha: $\tau_{60N} \neq \tau_{120N}$

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

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1 Temperatura

En la Figura No. 2 se presentan los registros de temperatura mensual promedio, mínima y máxima del período evaluado y la media de la serie histórica 2002-2017.

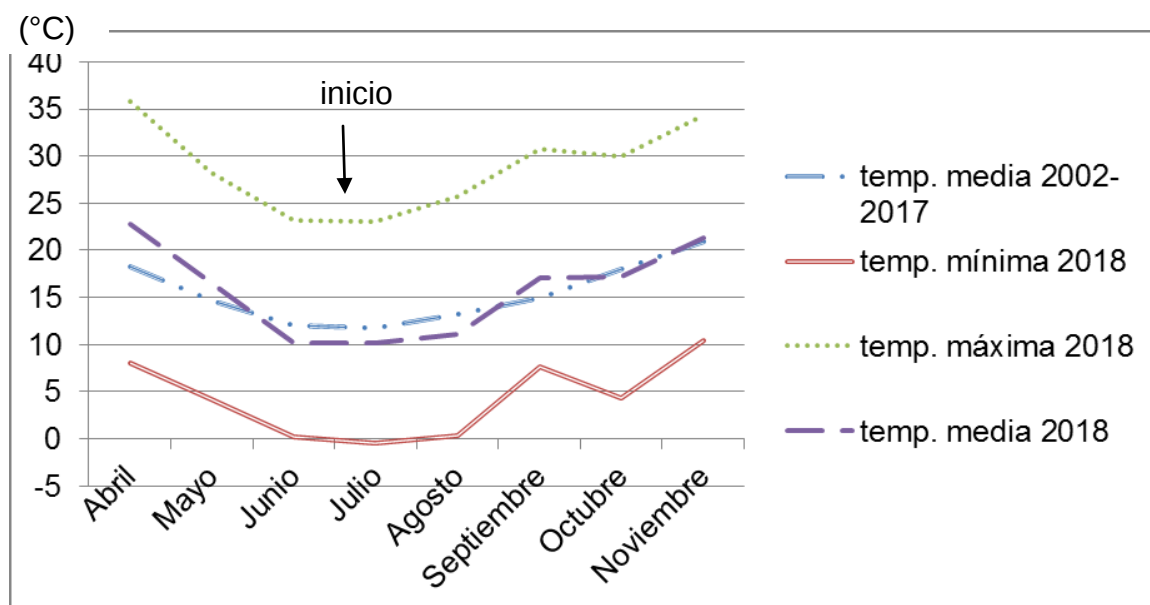


Figura No. 2. Temperatura máxima, mínima y media entre abril y noviembre de 2018 y las medias de los mismos meses del período 2002-2017 en grados Celsius (°C)

Se puede observar en la Figura No. 2 cómo la temperatura del período en evaluación presenta mínimas diferencias respecto al registro histórico, donde para los meses de junio, julio y agosto se evidencian temperaturas inferiores a las registradas históricamente en el entorno de los 2°C. Para los meses de abril, mayo y setiembre se ven temperaturas medias superiores a las históricas de 5 °C para el mes de abril y de 2°C para los meses restantes.

4.1.2 Precipitaciones

A continuación se presentan las precipitaciones mensuales del período evaluado y el promedio de la serie histórica 2002-2017 (Figura No. 3).

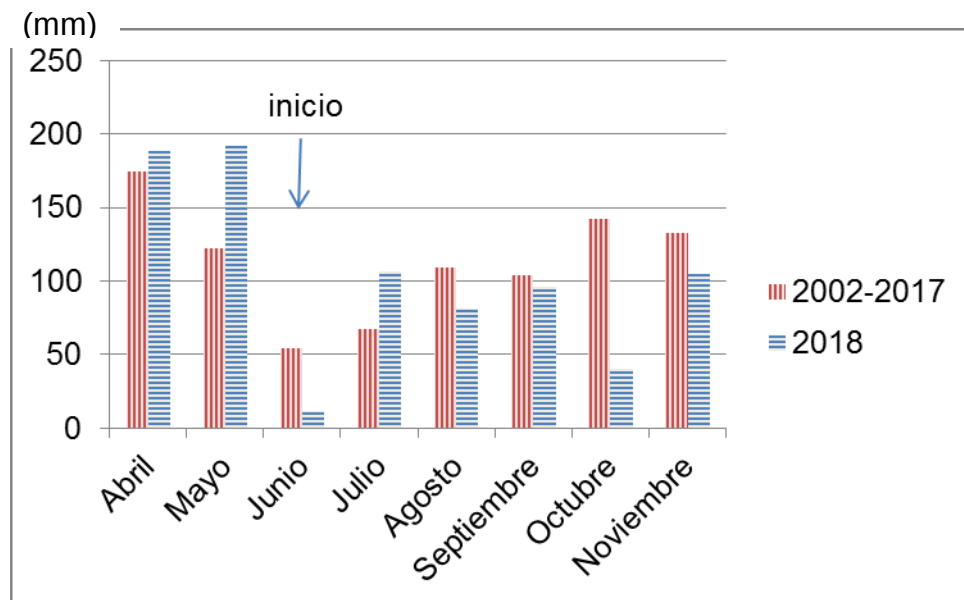


Figura No. 3. Precipitaciones mensuales del período de evaluación y promedio históricas 2002-2017 en milímetros (mm)

Se observa que en el período evaluado las precipitaciones mensuales fueron menores a la del promedio histórico, a excepción de los meses de abril, mayo y julio donde en los últimos dos se registraron precipitaciones que superan el 50%. También se destacan las precipitaciones de junio y octubre donde las precipitaciones para el período en estudio fueron de un 21% y 28% respecto a las precipitaciones promedio históricas respectivamente.

4.1.3 Balance hídrico

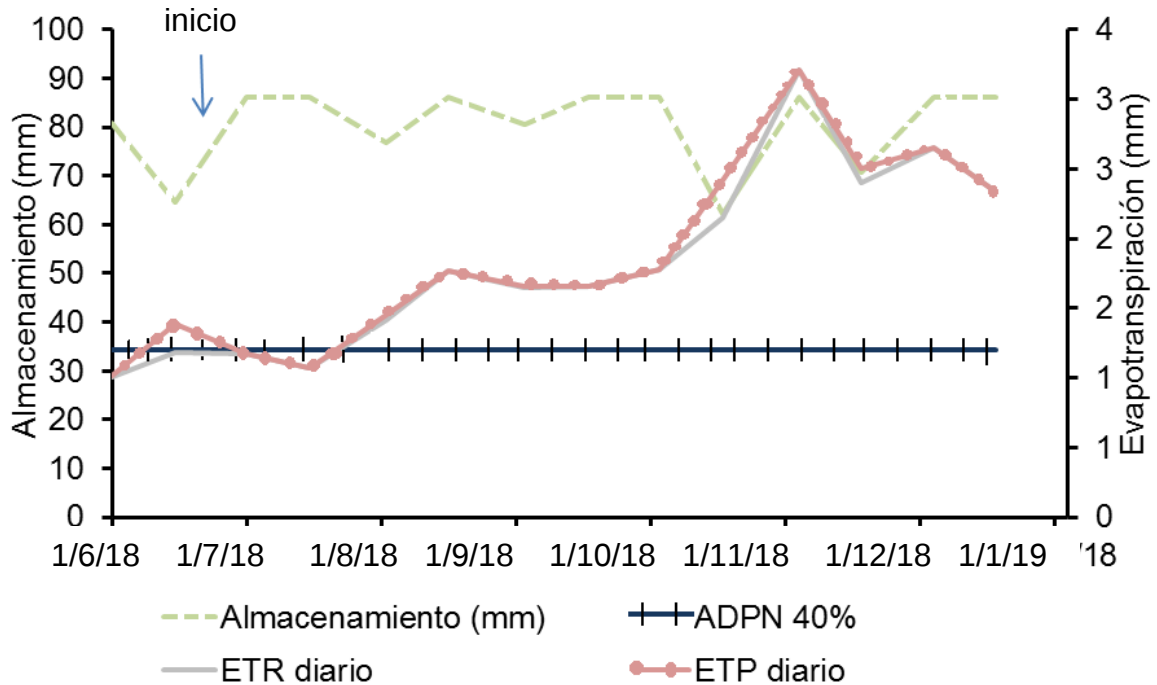


Figura No. 4. Evolución de la evapotranspiración real (ETR) y potencial (ETP) diaria del campo natural y almacenamiento de agua en el perfil del suelo con respecto al 40% del agua potencialmente disponible (ADPN)

Cabe aclarar que para la realización del balance hídrico se parte del supuesto de que se comienza a capacidad de campo, debido a que en dichos meses las precipitaciones fueron considerablemente mayores a la capacidad de almacenaje de agua en el suelo (Figura No. 4).

Se evidencia un almacenamiento superior al 40% del agua potencialmente disponible en la totalidad del experimento, esto indica que el recurso hídrico no sería limitante, por lo que no afectaría al crecimiento de la pastura. Pervio al inicio del experimento las precipitaciones fueron de un 21% respecto a las precipitaciones promedio históricas, por lo que estaba ocurriendo un descenso de agua almacenada. Posteriormente las lluvias ayudaron a recargar el suelo por más que la ETP y ETR diarios aumentaron. Aún en el mes de octubre donde las precipitaciones registradas fueron significativamente inferiores a las registradas históricamente no se llegó a un nivel de agua almacenada inferior al 40% del agua potencialmente disponible.

4.1.4 Índice de temperatura y humedad (ITH)

Para el cálculo del ITH se utilizaron los registros de temperatura media y humedad relativa de la estación agrometeorológica automática de la EEMAC la cual toma registros cada 30 minutos.

De acuerdo al cálculo de ITH obtenido de la ecuación, se observa en la Figura No. 5 una tendencia similar a lo largo del día según los diferentes momentos.

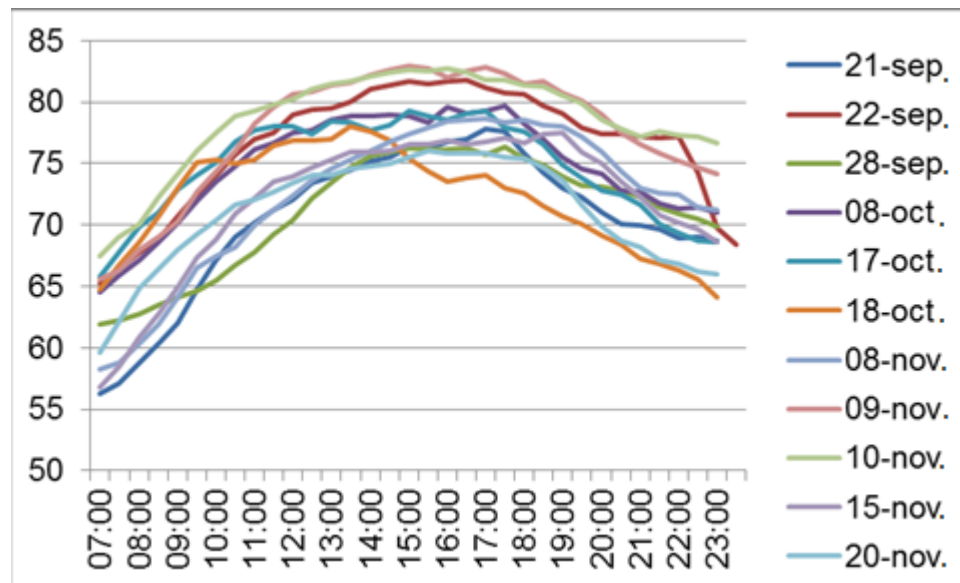


Figura No. 5. Variación diaria del índice de temperatura y humedad

En la Figura No. 5 se representan los días en que el valor de ITH supera el valor normal (normal: <74, alerta 75-78, riesgo 79-83, emergencia >84), en los días 21/09, 28/09, 18/10, 15/11 y 20/11 solo se alcanzó el nivel de alerta, mientras que los días 22/09, 8/10, 17/10, 8/11, 9/11 y 10/11 se llegó al nivel de riesgo, de los cuales 3 se encontraron próximos a los valores del límite superior de dicha categoría. Se puede decir que los días en los que solo se llega a nivel de alerta, la misma comienza en momentos próximos al medio día (12:00hs), mientras que los días en los que se llega a niveles de riesgo, el nivel de alerta comienza horas previo al medio día (10:00hs) llegando al nivel de riesgo hasta momentos cercanos a las 16:00hs.

4.2 PRODUCCIÓN PRIMARIA

4.2.1 Significancia estadística de las variables de producción primaria

Para la evaluación de la producción primaria las variables estudiadas fueron materia seca disponible (MS disp.), materia seca verde disponible (MS verde disp.), altura disponible (Altura disp.), materia seca remanente (MS rem.), materia seca verde remanente (MS verde rem.), altura remanente (Altura rem.), materia seca desaparecida (MS desap.), materia seca promedio (MS prom.), producción de materia seca (PMS), producción de materia seca verde (PMSV), tasa de crecimiento (TC) y tasa de crecimiento verde (TC verde). Para estas variables se realizó análisis de varianza y además se evaluaron contrastes ortogonales. Dicha información se encuentra resumida en el Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Resumen de la significancia estadística de las variables medidas de producción primaria

				Contrastes		
Variable	Efecto tratamiento	Efecto período	Efecto Trat.*per.	1	2	3
MS disp.	**	**	N/S	**	**	N/S
MS verde disp.	**	**	N/S	**	**	N/S
Altura disp.	**	**	N/S	**	**	N/S
MS rem.	**	**	N/S	**	**	N/S
MS verde rem.	**	**	N/S	**	**	N/S

Altura rem.	**	**	N/S	**	**	N/S
MS desap.	*	*	N/S	**	N/S	N/S
MS prom.	**	**	N/S	**	**	N/S
PMS	N/S	**	**	**	N/S	N/S
PMS verde	N/S	**	*	N/S	*	N/S
TC	**	**	**	**	N/S	N/S
TC verde	*	**	*	*	*	N/S

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

El análisis de varianza para el efecto del tratamiento fue significativo estadísticamente para la mayoría de las variables estudiadas, la PMS y PMS verde fueron las únicas que no fueron significativas. El efecto del período en cambio fue significativo para todas las variables en cuestión. La interacción tratamiento*período no fue significativa para la mayoría de las variables salvo para TC y PMS total y verde.

Cuando se evalúan los contrastes, el contraste 1 fue significativo en todas las variables salvo en PMS verde. El contraste 2 no fue significativo únicamente para MS desap., PMS total y TC. Por último para el contraste 3 no se encontró significancia estadística para ninguna de las variables en estudio lo cual a indicaría que los tratamientos nitrogenados no se diferencian entre sí.

4.2.2 Disponible y disponible verde

Mediante el análisis de varianza se evidenciaron cambios, tanto en la disponibilidad total de MS como en la disponibilidad de material verde, según la intensidad de intervención sobre campo natural, expresado con diferencias significativas entre los tratamientos (p-valor 0,0005 y p-valor 0,0023 respectivamente, Cuadro No. 2. Se puede ver en el Cuadro No. 2 como a medida que se intensifica la intervención se generan aumentos en la disponibilidad de MS en todos los tratamientos. Al evaluar el contraste 3 no se encuentran diferencias entre los niveles de fertilización pero si se encuentran diferencias estadísticas significativas en los contrastes 1 y 2. Rodríguez Palma y Rodríguez (2017) evaluando la respuesta del campo natural frente al agregado de nitrógeno, obtuvieron resultados con la misma tendencia de mayor producción (30%) en los tratamientos nitrogenados frente al testigo sin fertilizar.

En términos absolutos los tratamientos con intervención logran tener una disponibilidad promedio 53% superior en disponibilidad total (1.595 kg/ha de MS en CN vs. 2.433 kg/ha de MS promedio intervención) y 58% superior en disponibilidad verde respecto al testigo (1.260 kg/ha de MS en CN vs. 1.993 kg/ha de MS promedio intervención).

Cuadro No. 2. Disponibilidad total y disponibilidad verde en kg/ha de MS según el tratamiento

Variables	120N	60N	CNm	CN
Disponibilidad total (kg/ha de MS)	2.776 A	2.476 AB	2.047 AB	1.595 C
Disponibilidad verde (kg/ha de MS)	2.296 A	2.078 AB	1.604 BC	1.260 C
Altura promedio (cm)	9,78 A	8,3 AB	6,29 BC	4,78 C

A su vez hay un efecto estacional representado en la diferencia significativa (p-valor <0,0001) el cual responde con mayor disponibilidad de MS

y material verde a medida que se avanza en las estaciones, siendo mayor la disponibilidad en primavera seguido por el período invierno-primavera y con menor disponibilidad en invierno. Concordando con lo mencionado por Boggiano y Berretta (2006) quienes resaltan el gran aporte de gramíneas, sobre todo especies estivales más que invernales, dando como resultado una marcada estacionalidad evidenciada en los períodos 2 y 3 que comienza a elevarse la temperatura favoreciendo las especies estivales presentes y además coincide con el pasaje a estado reproductivo de las especies invernales donde ocurre el pico de producción de las mismas. No hay interacción entre el período y el tratamiento realizado.

A través del estudio de contrastes de los tratamientos, se confirma la menor producción del campo natural sin intervención con respecto al resto de los niveles de intervención (p-valor 0,0005 para el disponible total y p-valor 0,0022 para el disponible verde). Se evidencia un aumento en la proporción de disponibilidad de MS verde a medida que se avanza en las estaciones del año Cuadro No. 3, pasando de un 73% en invierno a un 84% en primavera, dando como resultado un material de mayor calidad de menor grado de lignificación. Así mismo, la intervención con fertilizante nitrogenado presenta una superioridad en disponibilidad de MS y material verde frente a la incorporación de especies leguminosas (p-valor 0,0162 y p-valor 0,0178 respectivamente). En el análisis de contrastes no se encontró diferencias significativas según las dosis de fertilizante aplicadas.

Cuadro No. 3. Disponibilidad total y disponibilidad verde en kg/ha de MS según período

	Invierno	Invierno-primavera	Primavera
Disponibilidad total (kg/ha de MS)	1.656 C	2.172 B	2.841 A
Disponibilidad verde (kg/ha de MS)	1.220 C	1.811 B	2.397 A

4.2.3 Remanente y remanente verde

Mediante el análisis de varianza de material remanente, tanto de material verde como en su totalidad, se ve un comportamiento que sigue la línea a la cual responde la disponibilidad, expresando diferencias significativas entre los tratamientos (p-valor 0,0116 para remanente total y p-valor 0,015 para el remanente verde). Se puede observar en el Cuadro No. 4 como el remanente en los tratamientos CN y CNm es representado por un 65% de material verde, mientras que en los nitrogenados la proporción de material verde representa entre un 73 y 74%, indicando que los remanentes presentes en CN y CNm presentan mayor proporción de material senescente, mientras que en los tratamientos nitrogenados la altura remanente fue mayor con un área foliar fotosintéticamente activa mayor lo cual es beneficioso para iniciar el rebrote.

Cuadro No. 4. Remanente total y remanente verde en kg/ha de MS según el tratamiento

Variables	120N	60N	CNm	CN
Remanente total (kg/ha de MS)	1.994 A	1.692 AB	1.452 B	1.344 B
Remanente verde (kg/ha de MS)	1.472 A	1.229 AB	953 B	880 B
Altura promedio (cm)	6,0 A	4,86 AB	3,88 B	3,52 B

El efecto estacional para el caso del remanente total evidencia diferencias significativas (p-valor <0,0001) a favor de la primavera frente al resto (66% superior), en los períodos invierno e invierno-primavera no se encontraron diferencias (Cuadro No. 5). Cuando se evalúa el remanente verde, se encuentran diferencias significativas para todos los períodos, siendo la primavera un 81% superior frente al resto. Nuevamente para la cantidad de remanente no se ha notado interacción entre el período y el tratamiento realizado.

Cuadro No. 5. Remanente total y remanente verde en kg/ha de MS según período

Variables	Invierno	Invierno-primavera	Primavera
Remanente total (kg/ha de MS)	1.155 B	1.497 B	2.209 A
Remanente verde (kg/ha de MS)	707 C	1.077 B	1.617 A

Mediante el estudio de contrastes de tratamientos, se aprecia la mayor producción de los tratamientos de intervención (p-valor 0,0282). Así mismo, la intervención con fertilizante nitrogenado presenta un remanente, ya sea total o remanente verde, mayor que el que queda cuando se incorporan leguminosas (p-valor 0,0284 y p-valor 0,0219 respectivamente). A medida que se avanza en las estaciones del año aumenta la proporción de material verde, al igual que lo ocurrido con la disponibilidad, pero en este caso pasando de ser un 61% para el invierno a un 73% en primavera indicando una disminución del material senescente remanente en estaciones avanzadas. En el análisis de contrastes tampoco se encontró diferencias significativas según las dosis de fertilizante aplicadas.

4.2.4 Materia seca disponible promedio

Cuando se analiza la MS promedio total (Cuadro No. 6) se ve cómo se pasa de 1.466 kg/ha de MS en el campo natural sin intervención a 2.384 kg/ha de MS en el tratamiento 120N, esto representa un aumento del 63% respecto al testigo.

Cuadro No. 6. Materia seca promedio total y materia seca promedio verde en kg/ha de MS según el tratamiento

Variable	120N	60N	CNm	CN
MS promedio total (kg/ha de MS)	2.384 A	2.084 AB	1.750 BC	1.466 C

Con lo que respecta a los períodos (Cuadro No. 7) se sigue manifestando la respuesta estacional (p-valor de <0,0001), la cual responde con mayor MS a medida que se avanza en las estaciones, siendo mayor en primavera seguido por invierno-primavera y por último invierno.

Cuadro No. 7. Materia seca promedio total en kg/ha de MS según período

Variable	Invierno	Invierno-primavera	Primavera
MS promedio total (kg/ha de MS)	1.406 C	1.835 B	2.526 A

La intervención con fertilizante nitrogenado presenta un aumento en la MS promedio frente a la incorporación de especies leguminosas (p-valor 0,0105). Analizando el incremento de producción mediante la incorporación de fertilizante nitrogenado en el período invernal se obtuvieron incrementos de 37% y 54% para los tratamientos 60N y 120N respectivamente. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Boggiano et al. (2005) quienes afirman que manteniendo ofertas de forraje del 8% del peso vivo se incrementa la producción de invierno en un 30% y a los obtenidos por Ayala y Carámbula (1994a) quienes demostraron que el agregado de N junto con K y P se logró un 34% de aumento en producción de materia seca. En el análisis de contrastes no se encontró diferencias significativas según las dosis de fertilizante aplicadas.

4.2.5 Forraje desaparecido

Mirando los kg/ha de MS desaparecidos, se ve como el tratamiento 120N y 60N son mayores en un 275% y el tratamiento CNm corresponde a un 211% del testigo aproximadamente.

Cuadro No. 8. Forraje desaparecido en kg/ha de MS según tratamiento

Variable	120N	60N	CNm	CN
Forraje desaparecido (kg/ha de MS)	1.099 A	1.091 A	845 A	399 A

Cuando se observa el forraje desaparecido en cada estación del año (Cuadro No. 9), se ve cómo se pasa de 512 kg/ha de MS a inicios del experimento a 1.064 kg/ha de MS en el tercer período, esto va acompañado a la mayor producción en estaciones avanzadas del año, por lo que al aumentar la disponibilidad aumenta la cosecha de forraje por los animales.

Cuadro No. 9. Forraje desaparecido en kg/ha de MS según período

Variable	Invierno	Invierno-primavera	Primavera
Forraje desaparecido (kg/ha de MS)	512 B	999 AB	1.064 A

4.2.6 Producción de materia seca

La producción de materia seca fue superior en todos los niveles de intervención del campo natural versus el tratamiento testigo con una media para los primeros de 4.682 kg/ha de MS respecto a 2.737 kg/ha de MS del testigo, lo cual representa un 71% más de producción de biomasa. Esta información se resume en el Cuadro No. 10 presentado a continuación. El tratamiento que obtuvo numéricamente mayor producción de MS fue el campo natural mejorado,

sin presentar diferencias significativas con los tratamientos nitrogenados expresados en el contraste 2. Estos resultados son explicados debido a la disminución de la tasa de crecimiento de los tratamientos nitrogenados con respecto al CNm como resultado de un mayor remanente que dejaban, estos resultados concuerdan con los vistos por Escostegui, citado por Moojen y Maraschin (2002), donde tratamientos con remanentes similares a los obtenidos en los tratamientos nitrogenados, presentan producciones de materia seca menores a los obtenidos cuando los remanentes son menores, donde la producción de materia seca y la tasa de crecimiento se maximizan.

Cuadro No. 10. Producción de materia seca en kg/ha de MS según el tratamiento

Variables	CNm	120N	60N	CN
PMS total	5.292 A	4.656 AB	4.097 AB	2.737 B
PMS verde	5.723 A	4.329 AB	3.949 B	3.523 B

En cuanto a la eficiencia de utilización del nitrógeno el tratamiento 60N fue el que obtuvo mayor respuesta, siendo la misma de 22,6 kgMS/kgN. En el caso del tratamiento 120N se obtuvieron eficiencias de 16 kgMS/kgN. Dichas eficiencias si se comparan con las encontradas por Ayala y Carámbula (1994a) son ampliamente superiores a las encontradas en el período invernal (1,5 kgMS/kgN) y sensiblemente superiores a las obtenidas en primavera-verano (14 kgMS/kgN), cabe destacar que en dicho trabajo se realizaron fertilizaciones estacionales con el fin de evaluar la respuesta al agregado de N según la estación en la que se encuentren.

4.2.7 Tasa de crecimiento

Esta variable muestra respuesta significativa para el período (p-valor <0,0001) pero en este caso se expresa con mayores tasas de crecimiento en el periodo invierno-primavera que las TC de invierno y de primavera, esto podría ser explicado por las temperaturas en el período invierno-primavera las cuales, al ser mayores en dicha estación, permiten incrementar la velocidad de aparición y elongación foliar, y por ende, la tasa de crecimiento. Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Berretta (2005) quien encontró que la producción de forraje del campo fertilizado se va estabilizando en un valor que es un 60% superior a la del campo sin N+P.

Cuadro No. 11. Tasa de crecimiento en kg/ha/día de MS según el tratamiento

Variable	120N	60N	CNm	CN
Tasa de crecimiento promedio (kg/ha/día de MS)	24,16 AB	22,88 AB	27,85 A	13,46 B
Tasa de crecimiento verde promedio (kg/ha/día de MS)	25,82 AB	22,61 AB	33,02 A	18,39 B

A diferencia de las otras variables en estudio, se expresa una interacción entre el tratamiento y la estación (p-valor 0,0011) lo cual indica la superioridad de los tratamientos nitrogenados en el período invierno-primavera, explicado no solo por las temperaturas elevadas sino que al incorporar fertilizante nitrogenado se ve favorecida la elongación foliar. La baja TC del período invernal puede ser explicada por las bajas temperaturas, heladas y excesos hídricos registrados durante el período invernal evidenciado en el Cuadro No. 12. La TC primaveral vuelve a descender respecto al período 2 debido a la alta frecuencia de *Lolium multiflorum*, ya mencionada anteriormente, el cual alcanza su madurez fisiológica y finaliza el encañado.

Cuadro No. 12. Tasa de crecimiento en kg/ha/día de MS según período

Variable	Invierno	Invierno-primavera	Primavera
Tasa de crecimiento (kg/ha/día de MS)	8,2 C	40,7 A	17,3 B

4.3 PRODUCCIÓN SECUNDARIA

4.3.1 Variables de producción secundaria

A continuación se presenta en el Cuadro No. 13 el resumen del nivel de significancia para OF (oferta de forraje), PV/ha (peso vivo por hectárea, medido en kg) y GMD (ganancia media diaria, medido en gramos por animal por día) por período y se presentan los contrastes ortogonales entre tratamientos y para los períodos.

Cuadro No. 13. Efecto del tratamiento y contrastes para oferta de forraje, ganancia media diaria y peso vivo/ha para el período 1

Período 1	Efecto del tratamiento	Contraste 1	Contraste 2	Contraste 3
OF	NS	NS	NS	NS
Media del contraste		4,6 vs. 4,9	5,1 vs. 4,7	4,6 vs. 5,0
PV/ha	*	*	*	*
Media del contraste		407 vs. 568	439 vs. 632	621 vs. 644
GMD	NS	**	NS	NS
Media del contraste		-0,22 vs. 0,093	-0,11 vs. 0,195	0,17 vs. 0,22

Para la variable OF y período 1 (invierno) demuestra que no fue significativo el tratamiento así como tampoco lo fueron los contrastes evaluados. Las medias fueron de 5% para CNm y 120N, 4,6% para 60N y CN. El objetivo planteado fue manejar oferta media para el período invernal del 8% que según Zanoniani et al. (2011) es la oferta intermedia que con dosis de 50 kg de N permitió duplicar la producción de pasto y con esto la receptividad animal. La OF fue baja y muy cercana al 4%, donde Reffati et al. (2008) aseguran que manteniendo dichas ofertas se mantiene un tapiz bajo y es con la que se

obtienen menores indicadores productivos, estos autores afirman que las mayores ganancias de peso vivo en invierno se logra con valores ente 8 y 12%.

La carga expresada en kg/ha de PV fue significativa ($p < 0,0001$) para el efecto tratamiento. El contraste 1 fue significativo, el cual tuvo para el testigo una carga de 407 kg PV/ha en relación a los demás tratamientos los cuales tuvieron carga media de 568 kg PV/ha. El contraste 2 también fue significativo donde el tratamiento de CNm tuvo una carga de 439 kg PV/ha frente a 632 kg PV/ha de los tratamientos nitrogenados. Por último el contraste 3 también fue significativo teniendo el tratamiento 60N una media 621 kg PV/ha frente al de 120N el cual tuvo una media de 644 kg PV/ha. Estas cargas obtenidas fueron relativamente altas dado a que por lo visto en el apartado anterior, con dichas cargas se mantienen bajas ofertas de forraje. Sin embargo la alta carga tuvo su mayor efecto para el tratamiento testigo y el CNm dado que fueron los únicos en los que se obtuvieron pérdida de peso. Ocurre lo contrario para los tratamientos nitrogenados en los cuales la carga alta asociado a la baja oferta de forraje no tuvo efecto negativo sobre la ganancia, Zanoniani et al. (2011) mencionan que la combinación de N y carga alta (baja oferta) incide de manera positiva sobre la pastura determinando aumento en la producción de forraje lo cual se traduce en un aumento de carga que puede llegar hasta 1,4 UG/ha.

En cuanto a la GMD esta no fue significativa para el efecto del tratamiento pero cuando se evalúan los contrastes, si lo fue para el contraste 1 (con p-valor $< 0,0926$) donde la media para el tratamiento testigo fue de -220 g/animal/día mientras que la media del resto de los tratamientos fue de 93 g/animal/día. Como se mencionó anteriormente el efecto de la alta carga (baja oferta de forraje) tuvo impacto negativo para el tratamiento testigo y del CNm, este último en menor medida. Sin embargo la carga y oferta de forraje manejada para los tratamientos con agregado de N parecieron correctos y como fue explicado anteriormente se debió en parte por un aumento en la producción de biomasa respecto al testigo y además debido a que con las dosis de N evaluadas se modifica la composición botánica (Dhualde y Silveira, 2018) de manera que se favorecen las especies invernales de tipo tierno-fino en activo crecimiento lo cual contribuye a una mejora en la calidad de la dieta y se estaría traduciendo en un mejor desempeño animal para este periodo (Zanoniani et al., 2011). La GMD para el testigo coincide con la vista por Ayala y Bermúdez (2005).

Cuadro No. 14. Efecto del tratamiento y contrastes para oferta de forraje, ganancia media diaria y peso vivo/ha para el período 2

Período 2	Efecto del tratamiento	Contraste 1	Contraste 2	Contraste 3
OF	NS	NS	NS	NS
Media del contraste		5,6 vs. 6,4	6,1 vs. 6,5	6,1 vs. 6,9
PV/ha	*	*	*	NS
Media del contraste		429 vs. 690	500 vs. 784	766 vs. 803
GMD	*	*	**	NS
Media del contraste		0,96 vs. 1,71	1,52 vs. 1,81	1,76 vs. 1,86

Al igual que para el período anterior la variable OF no fue significativo el tratamiento, así como tampoco lo fueron los contrastes evaluados. La oferta objetivo para este periodo era 12% y se alcanzó 5,57%, 6%, 6% y 7% para CN, 60N, CNm y 120N respectivamente. Las ofertas de forraje obtenidas para este período son sensiblemente mayores a las del período anterior. Los valores continúan siendo bajos en relación al objetivo sobre todo para los tratamientos testigo y CNm en cambio para los nitrogenados se mantiene lo visto en el período anterior donde la baja oferta permite mejores tasas de crecimiento en la pastura y mejor calidad de la dieta.

La carga demostró ser significativa nuevamente para el tratamiento ($p<0,0001$) y para el contraste 1 ($p<0,0001$), la media del testigo fue de 429 kg/ha de PV frente a una media de 690 kg/ha de PV de los demás tratamientos. A su vez el contraste 2 también fue significativo ($p<0,0001$) donde la media para el tratamiento de CNm fue de 500 kg/ha de PV frente a una media de 784 kg/ha de PV de los tratamientos nitrogenados. Finalmente el contraste 3 no fue significativo. La carga del tratamiento testigo aumenta únicamente un 5% respecto al período anterior, 14% para el CNm mientras que para la media de los

nitrogenados el aumento significó un 25%. Los valores mantienen la tendencia de la mayor receptividad lograda en los tratamientos con algún grado de intervención frente al testigo sin verse diferencias significativas en los niveles de oferta de forraje, lo cual indica que los diferentes grados de intervención a través de una mayor producción de biomasa aumentan la capacidad de carga por unidad de superficie.

La GMD para este período demuestra ser significativa para el tratamiento ($p < 0,0001$), al igual que para el contraste 1 ($p < 0,0001$) donde la media para el testigo fue de 960 g/animal/día y para el resto de los tratamientos la media fue de 1.713 g/animal/día. El contraste 2 también fue significativo ($p < 0,0254$) siendo la media del CNm 1.520 g/animal/día mientras que los tratamientos nitrogenados obtuvieron las mejores ganancias diarias con una media de 1.810 g/animal/día. El contraste 3 no fue significativo. Todas las ganancias logradas en este período son consideradas altas, sobre todo la del campo natural donde con baja oferta se logran ganancias en torno a 1.000 g/animal/día, siendo este valor superior al valor manifestado por Soares et al. (2005) donde la mayor ganancia media se logra en primavera y el valor alcanzado fue de 735 g/animal/día con oferta de forraje en el entorno al 8%. Las elevadas ganancias en todos los casos pueden atribuirse a una mejora en la calidad de la dieta respecto a la estación anterior donde la fracción de MS verde ofrecida (Cuadro No. 3) alcanza el 83% del total para el promedio de todos los tratamientos y con una altura mayor lo cual facilita a la accesibilidad del forraje. Las mayores tasas de crecimiento se logran en los tratamientos nitrogenados debido a la alta frecuencia de especies finas tales como *Bromus auleticus* y *Lolium multiflorum* donde las mismas representan gran parte de la dieta y que estas alcanzan valores de DMO y PC en estos meses por encima de 80% y 20% respectivamente (Duhalde y Silvera, 2018).

Cuadro No. 15. Efecto del tratamiento y contrastes para oferta de forraje, ganancia media diaria y peso vivo/ha para el período 3

Período 3	Efecto del tratamiento	Contraste 1	Contraste 2	Contraste 3
OF	NS	NS	**	NS
Media del contraste		9,2 vs. 7,2	9,2 vs. 6,2	5,9 vs. 6,4
PV/ha	*	*	*	NS
Media del contraste		518 vs. 924	648 vs. 1.062	1.060 vs. 1.063
GMD	*	**	*	*
Media del contraste		0,16 vs. 0,29	0,66 vs. 0,1	0,27 vs. -0,07

En este período es el único en el que se encuentra significancia para la variable de OF. Esto ocurre solo para el contraste 2 ($p < 0,0510$). La media para el CNm fue de 9,1% mientras que para los tratamientos nitrogenados la media fue de 6,1%. En el contraste 2, donde el valor de oferta de forraje del CNm es ampliamente superior que la media del resto de los tratamientos, dicho valor es similar para el testigo aun así no se tuvo significancia estadística el contraste 1. Cabe destacar que en este período de evaluación se sumaron animales volantes para todos los tratamientos para ajustar esta variable acompasando la mayor producción de forraje (Cuadro No. 2) donde los valores aumentan para CN y CNm y casi se mantienen en 60N y 120N.

La carga en este caso fue significativa ($p\text{-valor} < 0,0001$) tanto para el efecto del tratamiento así como también para los contrastes 1 y 2. La media del tratamiento testigo fue de 518 kg/ha de PV frente a 924 kg/ha de PV de los demás tratamientos. Para el CNm la media fue de 648 kg/ha de PV mientras que para los tratamientos nitrogenados la media fue de 1.062 kg/ha de PV. La carga aumenta en cada tratamiento significativamente respecto a los períodos anteriores (Cuadro No. 16) por lo explicado en el párrafo anterior sobre la

entrada de animales volante y junto con un aumento en el PV de los animales. Como se puede ver, estos valores son sumamente altos para los tratamientos nitrogenados significando una carga de 2,8 UG/ha, valor inferior al obtenido por Duhalde y Silvera (2018) para la media de los mismos tratamientos y quienes obtuvieron una carga de 3,3 UG/ha con una OF de 7,3%, esta diferencia entre experimentos pudo haberse dado por una mayor disponibilidad de forraje en el experimento de Dhualde y Silvera.

En este período la GMD fue significativa para el efecto del tratamiento (con $p < 0,0001$) así como para los contrastes 1, 2 y 3 (con p-valor 0,0820, 0,0001 y 0,0051 respectivamente) donde el testigo resultó en una ganancia de 160 g/animal/día versus un promedio de 290 g/animal/día del resto de los tratamientos, el CNm fue el que logró mayores ganancias siendo la misma de 660 g/animal/día respecto a 100 g/animal/día de los tratamientos nitrogenados. El contraste de los tratamientos nitrogenados a diferencias de los períodos anteriores si fue significativo donde el tratamiento de 60N obtuvo ganancias de 270 g/animal/día versus -70 g/animal/día del tratamiento 120N. En todos los casos las ganancias son más bajas a las obtenidas por Caram et al. (2017) para el período primaveral. Si bien Anfuso et al. (2016) destacan que la concentración de PC de todos los tratamientos se encuentra por encima de 10% y este no sería limitante, se puede apreciar en este período como el tratamiento que logro mayores ganancias fue el de mejoramiento con leguminosas por lo tanto el mayor aporte de leguminosas a la dieta pudo haber incidido favorablemente en el desempeño animal para este período.

4.3.2 Carga total

Para evaluar la carga media obtenida (expresada como kilogramos de peso vivo por hectárea) según el período se realizó un análisis de varianza para los distintos períodos. Tanto el modelo como el período presentan significancia estadística (p-valor $< 0,0004$).

Cuadro No. 16. Carga promedio por período en kg/ha de PV

Período	Carga
1	528 B
2	625 B
3	822 A

Se puede afirmar que el período 3 correspondiente a la primavera fue el cual sostuvo una mayor carga respecto a los otros dos períodos. Esto se explica dado que fue el período de mayor producción de forraje tanto para la biomasa total como para la biomasa verde y altura promedio (Cuadro No. 3). Esto coincide con lo visto por Duhalde y Silvera (2018) que si bien no evaluaron estadísticamente la comparación de carga por período, numéricamente los valores de la misma fueron más elevados en la primavera respecto al invierno y justificado por una mayor producción de forraje de este período.

El valor de primavera coincide con los vistos por Álvarez et al. (2013) que relacionan la oferta de forraje y el nivel de fertilización nitrogenada a la carga sostenida logrando para un rango de entre 5 y 10% de oferta de forraje mantener cargas entre 600 y 850 kg/ha de PV.

Si se pasa a unidades ganaderas (1UG= 380 kgPV) se destaca la alta capacidad de carga que se logra en todos los casos, 1,38; 1,64 y 2,16 para los períodos 1, 2 y 3 respectivamente, en comparación con lo calculado por Berretta y Bemhaja (1998b) donde la carga promedio para suelos de basalto profundo sin intervención fue de 0,82 unidades ganaderas en la hectárea. Risso et al. (2002) para mejoramientos de campo natural obtuvieron cargas entre 1,1 y 1,4 UG/ha/año con lo cual podría decirse que los valores de dotación en el experimento son superiores a estos. Zanoniani et al. (2011) sostienen que para invierno con fertilizaciones nitrogenadas de 150 kg/ha de N y oferta de forraje del 7% del peso vivo podrían mantenerse 1,4 UG/ha con animales en mantenimiento, esta carga es igual a la obtenida para el mismo período.

Los valores de carga por hectárea (kg/ha de peso vivo) para los distintos tratamientos y períodos evaluados se resumen a continuación en el Cuadro No. 17.

Cuadro No. 17. Carga animal por superficie (kg/ha de PV)

Período	120N	60N	CNm	CN
1	644 A	621 A	439 B	407 C
2	803 A	766 A	500 B	429 B
3	1.063 A	1.060 A	648 B	518 B

Como se observa, a medida que se incrementa el nivel de intensificación sobre el campo natural aumenta el nivel de carga que sostuvo cada uno de los tratamientos. Esto se debe a que en la medida que se incrementa la intervención del campo natural aumenta la producción de biomasa total y biomasa verde (Cuadro No. 2) lo cual incide aumentando la receptividad animal (Rodriguez Palma y Rodriguez, 2017).

La carga que se obtuvo a valores similares de oferta de forraje para el período 1 fue un 55% superior para la media de los tratamientos nitrogenados respecto al testigo, y tan solo del 7% del CNm respecto al testigo. Para el período 2 estas diferencias se magnifican llegando a ser 83% superiores los tratamientos nitrogenados a similares niveles de oferta de forraje. Esto coincide también con lo visto por Zanoniani et al. (2011) quienes sostienen que a igual oferta de forraje la fertilización con nitrógeno permite aumentar la carga.

4.3.3 Oferta de forraje

Los valores de oferta de forraje expresada en porcentaje del peso vivo se resumen en el Cuadro No. 18.

Cuadro No. 18. Oferta de forraje (%PV) según período y tratamiento

Período	120N	60N	CNm	CN
1	5 A	4,6 A	5,1 A	4,6 A
2	6,9 A	6,1 A	6,1 A	5,6 A
3	6,4 A	5,9 A	9,2 A	9,2 A

Los valores de oferta de forraje son similares para todos los tratamientos para los períodos 1 y 2 lo cual coincide con lo visto por Caram et al. (2017), estos valores rondan entre 6,1 y 8,1% para el período evaluado. Zanoniani et al. (2011) destacan la interacción entre la OF y la fertilización con N con la producción de biomasa en período invernal. Sin fertilización la oferta que maximiza la producción de biomasa se da en torno al 10%, con fertilizaciones altas (174 kg/ha de N) la oferta que maximiza la producción de biomasa es 4%. Para el período de invierno evaluado los valores distan de los recomendados para las dosis de N utilizadas así como también para los tratamientos sin N.

La oferta de forraje objetivo era de entre 6 y 8% en invierno y de 8 a 10% en primavera y no pudieron cumplirse. Esto es debido a que en los primeros dos períodos las unidades experimentales eran los animales tester. En el tercer período se sumaron animales en todos los tratamientos logrando manejar la carga objetivo para el testigo y CNm, pero menor en los tratamientos nitrogenados, en los cuales se intentó evitar el encañado de raigrás dada su alta frecuencia. Únicamente se halló significancia estadística para el contraste 2, en este se obtuvo una media de 9,17% para el CNm y para los tratamientos nitrogenados la media fue de 6,1%.

4.3.4 Ganancia media diaria

La ganancia media diaria evaluada por período y por tratamiento se presenta a continuación en el Cuadro No. 19.

Cuadro No. 19. Ganancia media diaria según tratamiento y período (kg/animal/día)

Período	120N	60N	CNm	CN
1	0,22 A	0,17 A	-0,11 A	-0,22 A
2	1,86 A	1,76 A	1,52 A	0,96 B
3	-0,07 C	0,27 B	0,66 A	0,16 BC

Como se vio en la evaluación de los contrastes, para el período 1 el tratamiento testigo se diferenció del resto por ser inferior a ellos. En tratamiento CNm se vieron pérdidas de peso, lo cual podría deberse a que las especies implantadas en ellas aún no alcanzaron a generar un gran aporte a la biomasa total en este período y por lo tanto la calidad de la pastura no fue la necesaria para lograr cumplir los requerimientos nutricionales para mantenimiento de peso. La ganancia media diaria en este período coincide con la vista por Duhalde y Silvera (2018) quienes con una oferta de 10,8% obtuvieron una ganancia de -230 g/animal/día adjudicándole a las pérdidas de peso obtenidas a las condiciones climáticas donde las temperaturas bajas de la estación hacen que sea necesario aumentar la tasa metabólica para mitigar el efecto temperatura. Sumado a esto, la baja oferta de forraje mantenida en este período determinaron que hubiera pérdidas de peso (Larratea y Souto, 2013). Goncalves et al. (2009), demuestran como las alturas de pastura de entre 8 y 12cm determinan una mayor tasa de consumo lo cual estaría dado debido a que en el estrato de 4 a 16cm se da una mayor proporción de hojas, mientras que en el estrato de 0 a 4cm se da más proporción de tallo y vaina. Como se puede apreciar en el Cuadro No. 6 los tratamientos nitrogenados son en los que se obtuvieron numéricamente mayor disponibilidad de MS promedio, a su vez la altura de disco de la pastura (Cuadro No. 2) y el disponible verde son numéricamente mayores en dichos tratamientos. Estos factores estarían incidiendo en el comportamiento animal determinando una mayor tasa de consumo debido a una mejor accesibilidad a la pastura, sumado a una mejor calidad en la dieta seleccionada por los animales, redundando en mejores valores de ganancia media individual.

Para el período 2 se destacan altas ganancias de peso individuales en todos los tratamientos evaluados, probablemente debido a que la calidad de la pastura fue buena en todos los tratamientos, los valores de proteína cruda

evaluados por Anfuso et al. (2016) en el mismo experimento siempre son superiores al 10% y no serían limitantes para el correcto desempeño animal (Allison, citado por Anfuso et al., 2016). Aun así el tratamiento testigo sigue siendo el de menor magnitud en cuanto a la variable estudiada. Podría estar explicado porque se mantuvo una oferta de forraje menor al resto de los tratamientos. Esta tendencia también la reportaron Caram et al. (2017), Duhalde y Silvera (2018). Duhalde y Silvera (2018) explican las mayores ganancias por el más alto contenido de PC de la pastura. La superioridad de los tratamientos nitrogenados que muestra en el contraste 2 se explicaría por la alta frecuencia de la especie *Lolium multiflorum* la cual presenta alta calidad.

Para el período 3 los resultados no siguen la tendencia que venía ocurriendo. Para este período el tratamiento de CNm fue el que logró mayores ganancias diarias explicado probablemente por la mayor calidad de la dieta ofrecida así como también la mayor oferta de forraje la cual permitiría una mejor selección por parte del animal. Duhalde y Silvera (2018) para el mismo período vieron que el aporte de la fracción leguminosa a la biomasa total era significativamente mayor al resto de los tratamientos siendo esta de un 13 % versus 2,3 % en los demás tratamientos, este aporte fue dado en mayor medida por las especies implantadas. Para el caso del tratamiento 120N se observaron pérdidas de peso la cual está relacionada a la pérdida de calidad del raigrás en este momento debido al pasaje a estado reproductivo.

4.3.5 Eficiencia de producción

Para comparar este indicador de eficiencia se realizaron contrastes de la media de cada tratamiento para el total del período evaluado, dicha información se resume en el Cuadro No. 20.

Cuadro No. 20. Efecto del tratamiento y contraste para eficiencia de producción (%)

Efecto tratamiento	Contraste 1	Contraste 2	Contraste 3
NS	*	NS	NS
Media del contraste	21 vs. 33	37 vs. 32	34 vs. 29

El único contraste que fue significativo fue el contraste 1 (p-valor <0,056). Esto evidencia una menor utilización del forraje disponible del campo natural a lo largo del período evaluado. Puede ser asociado principalmente a la menor disponibilidad promedio (Cuadro No. 2) tanto para el disponible total como para el disponible verde lo cual podría estar limitando el consumo animal a

través de menor accesibilidad dado que la pastura tiene menor altura promedio respecto al resto de los tratamientos. Esto estaría generando un aumento de la tasa de bocado, debido a un menor peso del mismo como resultado de una menor densidad de la pastura y menor profundidad de bocado (Galli et al., 1996).

La mayor tasa de bocado probablemente no compensa el peso de bocado, impidiendo así mantener un alto consumo y se vio reflejado en una baja utilización de este tratamiento el cual fue inferior al promedio del resto.

Dougherty et al., citados por Anfuso et al. (2016) mencionan que cuando la asignación de forraje es baja, la utilización puede verse favorecida con mayor densidad de la pastura. Sin embargo como se mencionó anteriormente la altura de disco para el tratamiento de campo natural es la más baja indicando una baja densidad de la pastura y lo cual no compensa para mejorar los valores de utilización en comparación con el resto de los tratamientos.

4.3.6 Ganancia por superficie

Las ganancias por superficie expresadas como kilogramos de peso vivo por hectárea fueron altas para los tratamientos nitrogenados, intermedios para el tratamiento de CNm y menores para el tratamiento testigo (Cuadro No. 21).

Cuadro No. 21. Ganancia por ha (kg/ha de PV) según tratamiento

Variable	120N	60N	CNm	CN
Producción	347	349	188	85

Tomando el tratamiento testigo como base 100, el tratamiento de CNm fue superior en 221 % y el promedio de los nitrogenados fue de 409 %. Además se puede observar una mínima diferencia entre los dos niveles de fertilización nitrogenada la cual en primera instancia indicaría que no sería aconsejable altos niveles de N.

Los valores obtenidos para los tratamientos nitrogenados son muy cercanos a los obtenidos por Rodríguez Palma y Rodríguez (2017) para el promedio de 14 años con fertilizaciones de 100 unidades de N donde la media fue de 361 kg/ha/año. Es de destacar que el período evaluado en el experimento es de 144 días en relación al experimento citado el cual abarca el año entero.

Duhalde y Silvera (2018) obtuvieron valores muy similares en el mismo experimento y período siendo la producción de 117, 172, 299 y 345 kg/ha de PV para los tratamientos CN, CNm, 60N y 120N respectivamente. Los valores obtenidos en el mismo experimento para el mismo período de distintos años son muy similares.

Como se puede observar en el Cuadro No. 8, no hay diferencias estadísticas en el forraje desaparecido entre los tratamientos, pero si se evidencia una marcada diferencia numérica pasando de casi 400 kg/ha de MS en el tratamiento testigo a unos 1.100 kg/ha de MS desaparecida en el tratamiento 120N. Estas diferencias entre el forraje desaparecido estarían determinadas por una mayor altura promedio, mayor disponibilidad y presuntas mejoras en términos de calidad, que como se mencionó anteriormente estos factores determinan mayor consumo por parte de los animales.

La fertilización nitrogenada permite aumentar la producción de biomasa aérea y con ello la receptividad animal que junto con una mayor ganancia media diaria se logra una mayor producción por superficie. Para el campo natural mejorado se da una tendencia similar pero justificado principalmente por la mejora en la calidad de la dieta la cual incide mejorando el desempeño individual respecto al tratamiento testigo.

4.4 CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo se evaluó la producción del campo natural con distintos niveles de intervención tanto para producción primaria como secundaria.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en producción primaria para todas las variables estudiadas, a excepción de la PMS y PMS verde. En cuanto a la intervención mediante la incorporación de fertilizante nitrogenado, éste no presentó diferencias significativas en la producción primaria según el nivel de aplicación (60 unidades de N o 120 unidades de N). Las mayores TC se obtuvieron en el período invierno-primavera dadas las precipitaciones y temperaturas durante dicho período.

En cuanto a la producción secundaria, en el total del período se obtuvieron mayores ganancias medias diarias en los tratamientos con intervención del campo natural respecto al testigo. Esta respuesta fue atribuida a la mejora en la calidad de la pastura, como consecuencia del mayor aporte de especies tiernas-finas en los tratamientos mejorados con leguminosas.

Manejar OF iguales en los períodos 1 y 2 permite determinar que los aumentos en carga son la respuesta a la mayor producción de forraje lo que se mantiene en el período 3. En este último se destaca la falta de diferencias entre los tratamientos nitrogenados.

En el período 1 la GMD del tratamiento testigo fue de -220 g/animal/día mientras que la media para el resto de los tratamientos fue de 93 g/animal/día. En el período 2 el tratamiento testigo tuvo una GMD de 960 g/animal/día, mediante la intervención del campo natural tuvo una GMD promedio de 1.713 g/animal/día. En el período 3 se destaca la superioridad del tratamiento con leguminosas frente a los nitrogenados notándose ganancias medias diarias de 660 g/animal/día vs. 100 g/animal/día (CNm vs. nitrogenados respectivamente).

En lo que respecta a la carga (kg/ha de PV), se evidencia una interacción del tratamiento encontrándose diferencias significativas, permitiendo aumentos de carga a medida que se avanza en el nivel de intervención, pero al realizarse los contrastes no se encuentran diferencias entre los nitrogenados salvo para el período 1.

5. CONCLUSIONES

Tanto la incorporación de leguminosas como la fertilización nitrogenada permiten aumentar la ganancia media individual, encontrándose diferencias significativas frente al testigo (CN), siendo menor la respuesta del primero frente a los segundos, pero sin encontrarse diferencias entre niveles de fertilización (60N vs. 120N).

La intensificación del campo natural permitió aumentar la capacidad de carga animal por el aumento en la producción de biomasa aérea, a su vez se mejora la calidad de la dieta ofrecida lo cual se ve reflejado en un aumento de la ganancia media diaria y un aumento de la carga animal.

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 ms. N. m.). El período de evaluación estuvo comprendido entre el 28 de junio del 2018 y el 20 de noviembre del 2018, que fue dividido en tres estaciones: invierno, invierno-primavera y primavera. El objetivo consistió en evaluar la respuesta en producción primaria y secundaria del campo natural sometido a distintos niveles de intervención (dos niveles de fertilización nitrogenada y la introducción de leguminosas) bajo pastoreo rotativo con ofertas de forraje objetivo de entre 8% y 10%. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en las que se evaluó: un testigo sin intervención (CN), 60 kg/ha de N (60N), 120 kg/ha de N (120N), y un mejoramiento con las leguminosas a razón de 8 kg/ha de *Trifolium pratense* cv E116 y 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cv. El Matrero (CNm). Los tres tratamientos intervenidos son fertilizados anualmente con 40 kg/ha de P205. Las variables analizadas fueron materia seca disponible (MS disp.), materia seca verde disponible (MS verde disp.), altura disponible (Altura disp.), materia seca remanente (MS rem.), materia seca verde remanente (MS verde rem.), altura remanente (Altura rem.), materia seca desaparecida (MS desap.), materia seca promedio (MS prom.), producción de materia seca (PMS), producción de materia seca verde (PMSV), tasa de crecimiento (TC), tasa de crecimiento verde (TC verde), OF (oferta de forraje), PV/ha (peso vivo por hectárea, medido en kg) y GMD (ganancia media diaria). Como resultado se encontraron diferencias estadísticas significativas en producción primaria para todas las variables estudiadas, a excepción de la PMS y PMS verde. En cuanto a la intervención mediante la incorporación de fertilizante nitrogenado, éste no presentó diferencias significativas en la producción primaria según el nivel de aplicación (60 unidades de N o 120 unidades de N). Las mayores TC se obtuvieron en el período invierno-primavera dadas las precipitaciones y temperaturas durante dicho período. En cuanto a la producción secundaria, en el total del período se obtuvieron mayores ganancias medias diarias en los tratamientos con intervención del campo natural respecto al testigo. Esta respuesta fue atribuida a la mejora en la calidad de la pastura, como consecuencia del mayor aporte de especies tiernas-finas en los tratamientos mejorados con leguminosas. En el período invernal la GMD del tratamiento testigo fue de -220 g/animal/día mientras que la media para el resto de los tratamientos fue de 93 g/animal/día. En el período invierno-primavera el tratamiento testigo tuvo una GMD de 960 g/animal/día, mediante la intervención del campo natural tuvo una GMD promedio de 1.713 g/animal/día. En el período primaveral se destaca la superioridad del tratamiento con leguminosas frente a los nitrogenados notándose ganancias medias diarias de 660 g/animal/día vs. 100 g/animal/día

(CNm vs. promedio de nitrogenados respectivamente). En lo que respecta a la carga (kg/ha de PV), se evidencia una interacción del tratamiento permitiendo aumentos de carga a medida que se avanza en el nivel de intervención pero, a excepción del periodo invernal, no se encuentran diferencias significativas según el nivel de fertilización utilizado.

Palabras clave: Campo natural; Nitrógeno; Leguminosas; Invierno; Invierno-primavera; Primavera; Mejoramientos; Fertilización; Producción de materia seca.

7. SUMMARY

The experiment took place at the Mario A. Cassinoni Experimental Station of the University of the Faculty of Agronomy, in paddock 18. It is located at kilometer 363 of the General Artigas route, department of Paysandú, Uruguay (32 ° 20 ' 9 "South latitude and 58 ° West longitude, 61 ms. N. m.). The evaluation period was between June 28th, 2018 and November 20th, 2018, which was divided into three seasons: winter, winter-spring and spring. The objective consisted of evaluating the response in primary and secondary production of the natural field once subjected to different levels of intervention (two levels of nitrogen fertilization and the introduction of legumes) under rotary grazing with target forage offers of between 8% and 10%. The experimental design has been in complete randomized blocks with four repetitions in which it was evaluated: a control without intervention (CN), 60 kg/ha of N (60N), 120 kg/ha of N (120N), and a improvement with legumes at a rate of 8 kg / ha of *Trifolium pratense* cv E116 and 6 kg / ha of *Lotus tenuis* cv. El Matrero (CNm). The three treatments are fertilized annually with 40 kg/ha of P205. The variables analyzed were available dry matter (MS disp.), Green dry matter available (MS verde disp.), Height available (Altura disp.), Remaining dry matter (MS rem.), Remaining green dry matter (MS verde rem.), remaining height (Altura rem.), disappeared dry matter (MS desap.), average dry matter (MS prom.), dry matter production (PMS), green dry matter production (PMSV), growth rate (TC), green growth rate (TC verde), OF (forage supply), PV/ha (live weight per hectare, measured in kg) and GMD (average daily gain). As a result, significant statistical differences were found in primary production for all the variables studied, with the exception of dry matter production (PMS) and green dry matter production (PMSV). Regarding the intervention through the incorporation of nitrogen fertilizer, it did not present significant differences in primary production according to the level of application (60 units of N or 120 units of N). The highest growth rate was obtained in the winter-spring period explained by rainfall and temperatures during that period. Referring to secondary production, for the total period, higher average daily gains were obtained in the treatments with intervention of the natural field compared to the control. This response was attributed to the improvement in the quality of the pasture, as a consequence of the greater contribution of tender-fine species in the treatments improved with legumes. During the winter period, the average daily gain of the control treatment was -220 g/animal/day while the average for the rest of the treatments was 93 g/animal/day. While in the winter-spring period, the control treatment had an average daily gain of 960 g/animal/day, while with the intervention of the natural field it had an average daily gain of 1,713 g/animal/day. In the spring period, the superiority of the treatment with legumes over nitrogenous ones stands out, reflecting in average daily gains of 660 g/animal/day vs. 100 g/animal/day (CNm vs. average nitrogen, respectively). Regarding the load (live weight/hectaria),

there is evidence of an interaction of the treatment allowing increases in load as the intervention level advances but, with the exception of the winter period, no significant differences are found according to the level of fertilization used

Key words: Natural field; Nitrogen; Legumes; Winter; Winter-spring; Spring; Improvement; Fertilization; Production of net dry matter.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, V.; Batello, C.; Berretta, E.; Hodgson, J.; Kothman, M.; Li, X.; McIvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*. 66:2-28.
2. Álvarez, M. C.; Alzaga, G.; Nopitsch, A. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la oferta de forraje sobre los componentes de producción de forraje del campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 138 p.
3. Anfuso, V.; Caram, N.; Casalás, F. 2016. Efecto de la fertilización y mejoramiento de campo natural sobre el comportamiento en pastoreo de novillos Holando. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
4. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994a. Nitrógeno en campo natural. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
5. _____.; _____. 1994b. Respuesta a la fertilización nitrogenada de tres gramíneas sembradas en cobertura. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 43-48 (Serie Técnica no. 51).
6. _____.; _____. 1996a. Mejoramientos extensivos en la región Este: implantación y especies. *In*: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 169-175 (Serie Técnica no. 80).
7. _____.; _____. 1996b. Mejoramientos extensivos en la región Este: manejo y utilización. *In*: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 177-182 (Serie Técnica no. 80).

8. _____.; Bermúdez, R. 2005. Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de lomadas en la región Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 41-50 (Serie Técnica no. 151).
9. 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 Agronomía. 181 p.
10. Bemhaja, M. 1994a. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
11. _____.; Berretta, E. J.; Brito, G. 1994b. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en basalto profundo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
12. _____.; Pigurina, G.; Brito, G. 1994c. Utilización de heno de campo natural diferido en areniscas de Tacuarembó: 1. Efectos de la fertilización nitrogenada. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 123-125 (Serie Técnica no. 94).
13. _____. 1996. Producción de pasturas en basalto. In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 231-240 (Serie Técnica no. 80).
14. _____. 1998. Caracterización de mejoramiento de campo bajo diferentes cargas con novillos durante tres años. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 83-90 (Serie Técnica no. 102).

15. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-39 (Serie Técnica no. 151).
16. Berretta, E. J.; Brito, G. 1994. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en Basalto profundo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
17. _____.; Risso, D. F.; Levratto, J. C.; Zamit, W. 1998a. Mejoramiento de campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fosforo. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63-74 (Serie Técnica no. 102).
18. _____.; Bemhaja, M. 1998b. Producción de comunidades nativas sobre suelos de basalto de la unidad Itapebí-Tres Árboles con diferentes frecuencias de corte. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-20 (Serie Técnica no. 102).
19. _____. 2001a. Ecophysiology and managment response of the subtropical grasslands of Southern America. In: International Grassland Congress (19th, 2001, Sao Pedro, Sao Pablo). Proceedings. Piracicaba, Sao Pablo, FEALQ. pp. 939-946.
20. _____.; _____.; Bemhaja, M. 2001b. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de basalto. In: Berretta, E. J.; Risso, D. F. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 1-37 (Boletín de Divulgación no. 76).
21. _____. 2005. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de Basalto. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 61-73 (Serie Técnica no. 151).

22. Boggiano, P. 2003. Informe de consultoría: subcomponente manejo integrado de pradera. Proyecto combinado GEF/IBRD. Manejo integrado de ecosistemas y recursos naturales en Uruguay. Componente Manejo y conservación de la diversidad biológica. (en línea). Montevideo, MGAP. 72 p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://es.calameo.com/read/004233671ecd6b2fc8621>
23. _____.; Millot, J. C.; Zanoniani, R. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 41-50 (Serie Técnica no. 151).
24. _____.; Berretta, E. 2006. Factores que afectan la biodiversidad vegetal del campo natural. *In*: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Grupo Campos (21^a, 2006, Pelotas, RS, Brasil). Desafios e oportunidades do bioma campos frente à expansão e intensificação agrícola. Pelotas, EMBRAPA. pp. 93-104.
25. _____.; Zanoniani, R. 2017. Producción de pasturas. *In*: Curso de Producción Animal Sustentable sobre Campo Natural (2017, Montevideo). Módulos. Montevideo, Uruguay, MGAP. pp. 52-66.
26. Cangiano, C. A. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. *In*: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, INTA. pp. 41-60.
27. Caram, N.; Casalás, F.; García, J.; Zanoniani, R.; Duhalde M.; Silveira, M.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Respuesta en producción de forraje a mejoramiento y fertilización de campo natural. *In*: Reunión del Grupo Técnico 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. 59-65.
28. Carámbula, M. 1996. Mejoramientos extensivos: fundamentos. *In*: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 241-245 (Serie Técnica no. 80).
29. _____. 1997. Producción de pasturas en Uruguay. *In*: Forrajeras. Montevideo, Facultad de Agronomía. t.1, pp. 1-15.

30. Carriquiry, E.; Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Estudios en implantación de mejoramientos extensivos. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
31. 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.
32. Duhalde, M. E.; Silveira, A. 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. 138 p.
33. Formoso, D. 2005. La investigación en utilización de pasturas naturales sobre cristalino desarrollada por el secretariado uruguayo de lana. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 51-59 (Serie Técnica no. 151).
34. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. Revista Argentina de Producción Animal. 16 (2):119-142.
35. Gallinal, J.; García Pintos, F.; García Pintos, R. 2016. Respuesta a los niveles de intervención de un campo natural sobre la producción primaria y secundaria. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.
36. Goncalves, E. N.; Carvalh, P. C. F.; Kunrath, T. R.; Carassai, I. J.; Bremm, C.; Fischer, V. 2009. Relacoes planta-animal en ambiente pastoril gereroféneo: proceso de ingestao de forragem. Revista Brasileira de Zootecnia. 38(9):1655-1662.
37. 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. 9-14 (Serie Técnica no. 151).

38. Johnson, H. 1994. Animal physiology. In: Griffiths, J. F. ed. Handbook of agricultural meteorology. New York, Oxford University. pp. 44-58.
39. Larratea, F.; Souto, J. P. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 141 p.
40. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. Esc. 1:1.000.000.
41. _____. _____. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: descripción de las unidades de suelos. Montevideo, Uruguay. t.3, 452 p.
42. Maraschin, E. G. 1993. Experiências de avaliação de pastagens com bovinos de corte no Brasil. In: Puignau, J. P. ed. Metodología de evaluación de pasturas. Montevideo, Uruguay, IICA. pp. 127-146.
43. Martínez, M. 2017. Variables de manejo: introducción al curso. In: Curso de Producción Animal Sustentable sobre Campo Natural (2017, Montevideo). Módulos. Montevideo, Uruguay, MGAP. pp. 7-15.
44. 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. 2019. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politica-agropecuaria/estadisticas-y-documentos/29-08>.
45. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
46. 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).

47. 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.
48. Morón, A. 1994. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
49. Mott, G. O.; Lucas, H. L. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress (6th., 1952, s.l.). Proceedings. s.n.t. pp. 1380-1385.
50. Nabinger, C. 1998. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3^o., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens: anais. Canoas, ULBRA. pp.54-107.
51. _____.; De Faccio Carvalho, P. C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia* (Uruguay). 13(3):18-27.
52. Piaggio, L.; Prates, E.; Soca, P. 1996. Diet quality and diet selection of steers grazing in a rotational system at four levels of forage allowance on a rangeland. *Annales de Zootechnie*. 44:119.
53. Pigurina, G.; Soares de Lima, J. M.; Berretta, E. J.; Montossi, F.; Pittaluga, O.; Ferreira, A. 1998. Características del engorde a campo natural. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 137-145 (Serie Técnica no. 102).
54. Pizzio, R.; Pallares, O. 1994. Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad: efecto de la carga animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 133-140 (Serie Técnica no. 94).

55. Reffati, M.; Mezzalira, J.; Silva, C.; Devicenzi, T.; Schmidt, F.; Adami, P.; Carvalho, P. 2008. Produção de forragem em função da manipulação estacional da oferta de forragem em pastagem natural do sul do Brasil. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajes del Cono Sur (22^a., 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, s.e. pp. 187-211.
56. Risso, D. F. 1994. Mejoramientos extensivos en Uruguay. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
57. _____.; Berretta, E. J. 1996. Mejoramientos de campo en suelos sobre cristalino. *In*: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 193-211 (Serie Técnica no. 80).
58. _____.; Bemhaja, M.; Zamit, W.; Carracelas, G. 1998a. Efecto de la dotación en el engorde de novillos y la productividad de un campo mejorado. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 165-174 (Serie Técnica no. 102).
59. _____.; Pittaluga, O.; Berretta, E.; Zamit, W.; Levratto, J.; Carracelas, G.; Pigurina, G. 1998b. Integración de campo natural y mejorado para la producción de novillos jóvenes. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 153-163 (Serie Técnica no. 102).
60. _____.; Carámbula, M. 1998c. Lotus El Rincón: producción y utilización de los mejoramientos. Montevideo, INIA. 32 p. (Boletín de Divulgación no. 65).
61. _____.; Berretta, E. J. eds. 2001. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo, INIA. 182 p. (Boletín de Divulgación no. 76).

62. _____.; _____.; Zarza, A.; Cuadro, R. 2002. Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engorde 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).
63. Rodríguez Palma, R.; Rodríguez, T. 2017. Fertilización de campo natural; respuesta en producción animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (24^a., 2017, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 129-130.
64. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones y Ediciones. 86 p.
65. Royo, O.; Pizzio, R. 1994. 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 (14^a., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 109-118 (Serie Técnica no. 94).
66. Saldanha, S. 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de basalto y suelos arenosos de cretácico. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 75-84 (Serie Técnica no. 151).
67. Santiñaque, F. 1994. Estudios sobre factores restrictivos de la implantación en pasturas naturales. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 269-277 (Serie Técnica no. 13).
68. Soares, A.; Semmelmann, C.; Kuhn Da Trindade, C.; Guerra, E.; De Freitas, T.; Frizzo, A.; De Faccio, C.; Nabinger, C.; Pinto, C.; Fontoura, J. 2005. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciência Rural*. 35 (5):1148-1154.

69. Zamalvide, J. 1994. Fertilización de pasturas. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1994, Salto). Anales. Montevideo, INIA. pp. 97-107 (Serie Técnica no. 94).
70. Zanoniani, R. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. Cangüé. no. 15:13-17.
71. _____. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
72. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 15 (1):115-124. Consultado 2 ago. 2017. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/101>