

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA A LA INTENSIFICACIÓN PRODUCTIVA DEL CAMPO  
NATURAL EN EL PERÍODO OTOÑO-INVIERNAL**

**por**

**Manuel GÓMEZ MAZZEI**

**Juan Manuel MORA GAVARONE**

**Leonardo Andrés MOREIRA MACHADO**

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

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2023**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

---

Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás

Tribunal:

---

Ing. Agr. (PhD.) Pablo Boggiano

---

Ing. Agr. (Mag.) Nicolas Caram

Fecha:

15/06/2023

Autores:

---

Manuel Gómez Mazzei

---

Juan Manuel Mora Gavarone

---

Leonardo Andrés Moreira Machado

## AGRADECIMIENTOS

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

A los Ingenieros Agrónomos Felipe Casalás y Pablo Boggiano, a la Zootecnista Gabriela Machado por la orientación y apoyo durante la realización de nuestra tesis de grado.

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. Así como también a los funcionarios de la EEMAC, en particular a los del laboratorio uno, por la ayuda brindada y buena disposición durante la etapa experimental del trabajo.

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

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

## TABLA DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL .....	15
3.2 ACTUAL RELACIÓN DEL CAMPO NATURAL CON LA GANADERÍA .....	16
3.3 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA .....	17
3.3.1 En la producción primaria .....	18
3.3.2 En la composición botánica .....	20
3.3.3 En la calidad del forraje.....	22
3.3.4 Sobre el ambiente.....	23
3.3.5 En la producción secundaria, carga animal y ganancia individual .....	24
3.4 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA.....	27
3.4.1 En la producción primaria .....	28
3.4.2 En la estructura y composición botánica .....	31
3.4.3 Calidad del forraje.....	32
3.4.4 Sobre el ambiente.....	34
3.4.5 En la producción secundaria, carga animal y ganancia individual .....	35
3.5 EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES LEGUMINOSAS ...	37
3.5.1 Su relación con la fertilización fosfatada .....	39
3.5.2 Importancia de la fijación biológica de nitrógeno .....	40
3.5.3 En la producción primaria .....	41
3.5.4 En la estructura y composición botánica .....	43

3.5.5 Calidad del forraje.....	45
3.5.6 Sobre el ambiente.....	47
3.5.7 En la producción secundaria.....	48
3.6 EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO.....	51
3.6.1 En la producción primaria.....	52
3.6.2 Intensidad y frecuencia de pastoreo.....	53
3.6.3 En la composición botánica.....	55
3.7 EFECTO DEL CONTROL DE LA OFERTA DE FORRAJE.....	55
3.7.1 En la producción primaria.....	57
3.7.2 Cambios en la estructura y composición botánica.....	59
3.7.3 En la calidad del forraje.....	60
3.7.4 En la producción secundaria.....	61
4. HIPÓTESIS.....	63
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
5.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	64
5.1.1. Localización del sitio experimental y período de evaluación.....	64
5.1.2. Caracterización del sitio experimental.....	64
5.1.3. Descripción de los tratamientos.....	66
5.1.4. Animales experimentales.....	66
5.1.5. Diseño experimental.....	67
5.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	67
5.2.1. Manejo experimental.....	67
5.2.2. Determinación de la producción primaria.....	68
5.2.3. Determinación de composición botánica.....	70
5.2.4. Determinación de la producción secundaria.....	71
5.3 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.....	71
5.4 MODELO ESTADÍSTICO.....	72
5.4.1 Producción primaria.....	72
5.4.2 Producción secundaria.....	74
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
6.1 Caracterización climática.....	76
6.1.1 Temperatura y Precipitaciones.....	76

6.1.2 Balance hídrico .....	76
6.2 Análisis del experimento .....	78
6.2.1 Producción primaria .....	78
6.2.2 Composición botánica .....	89
6.2.3 Producción secundaria.....	107
7. CONSIDERACIONES FINALES.....	114
8. CONCLUSIONES .....	116
9. BIBLIOGRAFÍA .....	117
10. ANEXO .....	132

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Tabla No.</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla No. 1</b> Valores promedio anuales de digestibilidad, proteína y fibra detergente ácida, según los distintos tratamientos de fertilización.....	22
<b>Tabla No. 2</b> Efecto del nivel de nitrógeno en el contenido porcentual de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la MSP.....	23
<b>Tabla No. 3</b> Efecto del N sobre las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (kg/ha/día) y ganancia por animal (GMD). .....	26
<b>Tabla No. 4</b> Efecto del mejoramiento en la ganancia de peso en función de la pastura y la carga. ....	37
<b>Tabla No. 5</b> Tasa de crecimiento diario en kg MS/ha/día promedio de 3 años para el CNM y promedio de 15 años para CN.....	42
<b>Tabla No. 6</b> Producción estacional y total de forraje (kg MS/ha/año) para dos tipos de mejoramientos de campo en la región del cristalino. ....	42
<b>Tabla No. 7</b> Valor nutritivo del forraje disponible del campo natural y mejoramientos extensivos. ....	46
<b>Tabla No. 8</b> Promedio anual del valor nutritivo (DMO Y PC) del campo natural y distintas leguminosas. ....	47
<b>Tabla No. 9</b> Comportamiento estacional y promedio de novillos pastoreando campo natural en dos regiones.....	49
<b>Tabla No. 10</b> Comportamiento individual y producción total anual de mejoramientos de Trébol Blanco cv. Zapican y Lotus San Gabriel, en distintas regiones del país. ....	50
<b>Tabla No. 11</b> Respuesta media de la pastura a la variación en la oferta de forraje como % del PV.....	57
<b>Tabla No. 12</b> Variación del remanente y tasa de acumulación en función de la oferta de forraje. ....	58
<b>Tabla No. 13</b> Distribución estacional de la oferta de forraje (kg MS/100 kg PV/día)...	58
<b>Tabla No. 14</b> Variación del remanente y proteína cruda en función de la oferta de forraje. ....	61
<b>Tabla No. 15</b> Resumen estadístico de significancia para los efectos analizados y tres contrastes ortogonales sobre variables de producción primaria del experimento. ....	78
<b>Tabla No. 16</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MS Producida) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del periodo analizado. ....	79
<b>Tabla No. 17</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca presente (MS Presente), altura disponible, materia seca remanente (MS Remanente) y altura remanente, para total del periodo analizado. ....	80

<b>Tabla No. 18</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible, materia seca desaparecida y % de utilización, para el total del periodo analizado. ....	81
<b>Tabla No. 19</b> Efecto de la estación sobre la MS producida y TC .....	82
<b>Tabla No. 20</b> Efecto de la estación sobre la MS disponible, MS desaparecida y porcentaje de utilización.....	83
<b>Tabla No. 21</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MS Producida) y la tasa de crecimiento (TC), durante el periodo otoñal. ....	83
<b>Tabla No. 22</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca presente (MS Presente), altura disponible, materia seca remanente (MS Remanente) y altura remanente, durante el periodo otoñal. ....	84
<b>Tabla No. 23</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible, materia seca desaparecida y % de utilización, para el periodo otoñal. ....	85
<b>Tabla No. 24</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MS Producida) y la tasa de crecimiento (TC), para el periodo invernal.....	85
<b>Tabla No. 25</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca presente (MS Presente), altura disponible, materia seca remanente (MS Remanente) y altura remanente, para el periodo invernal. ....	87
<b>Tabla No. 26</b> Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible, materia seca desaparecida y % de utilización, para el periodo invernal. ....	88
<b>Tabla No. 27</b> Resumen estadístico de significancia para los efectos analizados y tres contrastes ortogonales sobre variables de composición botánica del experimento. ....	90
<b>Tabla No. 28</b> Contribución porcentual de materia verde en función de la materia seca disponible según tratamiento, en el total del periodo. ....	92
<b>Tabla No. 29</b> Contribución porcentual de los diferentes grupos funcionales invernales y de raigrás en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo.....	93
<b>Tabla No. 30</b> Contribución porcentual de los diferentes grupos funcionales estivales en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo. ....	95
<b>Tabla No. 31</b> Contribución porcentual de especies leguminosas no nativas y nativas en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo. ....	97
<b>Tabla No. 32</b> Cobertura porcentual de suelo desnudo (% SD), malezas de campo sucio (% MCS), Cyperaceae y hierbas enanas y menores (% HE y HM) en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo. ....	98
<b>Tabla No. 33</b> Porcentaje de material verde según estación.....	99
<b>Tabla No. 34</b> Contribución porcentual de los distintos grupos funcionales de especies perennes estivales en la MS disponible, según estación. ....	99
<b>Tabla No. 35</b> Contribución porcentual de los distintos grupos funcionales de especies perennes invernales en la MS disponible, según estación. ....	100
<b>Tabla No. 36</b> Eficiencia de utilización de nitrógeno según tratamiento y estación....	101

<b>Tabla No. 37</b> Cobertura porcentual de hierbas enanas y menores (% HE y HM), Cyperaceae, malezas de campo sucio (% MCS) y suelo desnudo (% SD) en la materia seca disponible, según estación. ....	102
<b>Tabla No. 38</b> Contribución porcentual de especies leguminosas no nativas y nativas en la materia seca disponible, según estación. ....	103
<b>Tabla No. 39</b> Resumen estadístico de significancia para los efectos analizados y tres contrastes ortogonales sobre las variables oferta de forraje (OF), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) para el total del período de evaluación. ....	107
<b>Tabla No. 40</b> Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y producción total por unidad de superficie (PT), para el total del período.....	108
<b>Tabla No. 41</b> Ganancia media diaria (GMD) y oferta de forraje (OF), según estación. ....	110
<b>Tabla No. 42</b> Efecto del tratamiento sobre la ganancia media diaria (GMD), oferta de forraje (OF) y producción animal (P) para el período otoñal. ....	111
<b>Tabla No. 43</b> Efecto del tratamiento sobre la ganancia media diaria (GMD), oferta de forraje (OF) y producción animal (P) para el período invernal.....	112

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
<b>Figura No. 1</b> Relación entre oferta de forraje promedio anual y ganancia diaria de peso de novillos pastoreando campo natural de Uruguay (ROU) y Río Grande do Sul (RGS), Brasil.....	61
<b>Figura No. 2</b> Mapa de suelos presentes en el área experimental. ....	65
<b>Figura No. 3</b> Mapa ilustrativo del diseño experimental. ....	67
<b>Figura No. 4</b> Evolución de PP acumulada (mm) y T. media (°C) en el año del experimento (2022) para la EEMAC y en serie histórica (1991-2020) para Paysandú....	76
<b>Figura No. 5</b> Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm.), evapotranspiración real (ETR), deficiencias (Def.), excesos (Exc.) y % del almacenamiento para el periodo comprendido entre marzo y octubre. ....	77
<b>Figura No. 6</b> Relación entre la contribución porcentual de raigrás con él % MV.....	94
<b>Figura No. 7</b> Contribución porcentual de raigrás, perennes invernales y estivales a la MS disponible.....	96
<b>Figura No. 8</b> Contribución porcentual de especies perennes invernales finas (PIF) y raigrás a la MS disponible, según estación. ....	101
<b>Figura No. 9</b> Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de MCS presentada en porcentaje. ....	103
<b>Figura No. 10</b> Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de MV presentada en porcentaje. ....	104

<b>Figura No. 11</b> Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de PET presentada en porcentaje. ....	105
<b>Figura No. 12</b> Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de PIF presentada en porcentaje.....	105
<b>Figura No. 13</b> Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de Raigrás presentada en porcentaje.....	106
<b>Figura No. 14</b> Efecto de la interacción tratamiento x estación sobre la oferta de forraje (% OF).....	113

## RESUMEN

El presente estudio fue llevado a cabo en la Estación experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, ubicada sobre el km 363 de la ruta General Artigas, en el departamento de Paysandú, Uruguay, más precisamente en un área de 10,3 hectáreas que forman parte del potrero número 18 (32° 23' 57" latitud Sur y 58° 2' 42" longitud Oeste). El período de evaluación estuvo comprendido entre el 9 de mayo de 2022 y el 30 de septiembre de 2022. Este período que comprende aproximadamente 5 meses se divide en dos subperíodos: otoño (28/5/2022 al 1/8/2022), e invierno (2/8/2022 al 30/9/2022). El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta productiva otoño-invernal del campo natural sometido a diferentes tratamientos de intensificación, manejando una oferta de forraje objetivo de aproximadamente 8% de PV para ambas estaciones bajo pastoreo rotativo con 15 días de ocupación y 45 días de descanso. Donde el diseño experimental fue bloques completos al azar (DBCA) con parcelas divididas en el tiempo, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron, un testigo sin intervención (CN); campo natural mejorado con leguminosas, más precisamente *Lotus tenuis* cv. Matrero y *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNM); y dos niveles de fertilización nitrogenada, 60 kg/ha/año (N 60) y 120 kg/ha/año (N 120) aplicados en otoño-invierno. Además, los tres tratamientos intervenidos son fertilizados anualmente con 40 kg/ha/año de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en otoño. Se realizó un análisis de varianza entre los tratamientos, así como contrastes ortogonales. Las variables analizadas fueron: materia seca presente, materia seca disponible, materia seca remanente, altura de forraje disponible y remanente, tasa de crecimiento diaria, materia seca producida, materia seca desaparecida, y porcentaje de utilización. Además, se realizó un estudio de la composición botánica con presencia de quince grupos botanales, porcentaje de forraje verde, porcentaje de suelo descubierto, porcentaje de suelo cubierto por malezas de campo sucio, carga total, ganancia media diaria, producción de carne por hectárea y oferta de forraje. El estudio indica que los tratamientos con agregado de fertilizante nitrogenados presentaron una superioridad en la producción de materia seca y tasa de crecimiento, con resultados similares entre las dosis de 60 N y 120 N. El CNM presentó valores intermedios en estas variables. Los tratamientos con agregado de insumos externos presentaron menores contribuciones de especies perennes, pero sin diferencias en cuanto a las especies anuales. La producción de biomasa fue superior en otoño, pero la calidad del forraje fue mejor en invierno debido a un cambio en la composición botánica. En cuanto a la producción secundaria, se encontró que la ganancia media diaria no difirió entre los tratamientos con agregado de insumos, pero sí con el testigo, y que los tratamientos nitrogenados y el CNM presentaron una elevada producción de carne total, siendo superior en los nitrogenados. Aun así, la utilización de 120 N y 60 N no se diferenciaron en cuanto a la productividad, y a su vez, el CNM es una opción interesante para aumentar las limitaciones del campo natural.

*Palabras clave:* campo natural, campo natural mejorado, fertilización nitrogenada, intensificación productiva, otoño, invierno, composición botánica

## ABSTRACT

The present study was conducted at the Mario A. Cassinoni Experimental Station of the Faculty of Agronomy of the University of the Republic, located at kilometer 363 of General Artigas Route, in the department of Paysandú, Uruguay, more precisely in an area of 10.3 hectares that are part of paddock number 18 (32° 23' 57" South latitude and 58° 2' 42" West longitude). The evaluation period was between May 9, 2022, and September 30, 2022. This period, which lasts approximately 5 months, is divided into two sub-periods: autumn (May 28, 2022, to August 1, 2022) and winter (August 2, 2022, to September 30, 2022). The objective of the work was to evaluate the autumn-winter productive response of the natural pasture subject to different intensification treatments, managing a target forage offer of approximately 8% LW for both seasons under rotational grazing with 15 days of occupation and 45 days of rest. The experimental design was a randomized complete block (RCBD) with split plots in time, with four replications. The treatments were: a control without intervention (CN); natural pasture improved with legumes, specifically *Lotus tenuis* cv. Matrero and *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116 (CNM); and two levels of nitrogen fertilization, 60 kg/ha/year (N 60) and 120 kg/ha/year (N 120) applied in autumn-winter. Additionally, the three intervened treatments are annually fertilized with 40 kg/ha/year of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in autumn. An analysis of variance between treatments was performed, as well as orthogonal contrasts. The variables analyzed were: present dry matter, available dry matter, remaining dry matter, height of available and remaining forage, daily growth rate, dry matter produced, dry matter disappeared, and utilization percentage. Additionally, a study of botanical composition was carried out with the presence of fifteen botanical groups, percentage of green forage, percentage of bare soil, percentage of soil covered by weeds, total load, average daily gain, meat production per hectare, and forage offer. The study indicates that treatments with added nitrogen fertilizer showed superiority in dry matter production and growth rate, with similar results between the 60 N and 120 N doses. CNM presented intermediate values in these variables. Treatments with added external inputs showed lower contributions from perennial species but no differences in annual species. Biomass production was higher in autumn, but forage quality was better in winter due to a change in botanical composition. Regarding secondary production, it was found that average daily gain did not differ between treatments with added inputs, but it did with the control, and that nitrogen treatments and CNM presented high total meat production, with nitrogen treatments being superior. However, the use of 120 N and 60 N did not differ in productivity, and CNM is an interesting option to increase natural pasture limitations.

*Keywords:* natural pasture, improved natural pasture, nitrogen fertilization, productive intensification, autumn, winter, botanical composition

## 1. INTRODUCCIÓN

Históricamente la ganadería ha sido el rubro principal en el Uruguay, llevándose a cabo principalmente sobre campo natural (Carriquiry, 2011). Éste representa el 80,9% de la superficie en pastoreo (14,3 millones ha) abarcando 11,6 millones de hectáreas, mientras que las pasturas mejoradas representan el 19,1% abarcando 2,7 millones de hectáreas (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2022).

Millot et al. (1987) señalan que las praderas naturales son un complejo mosaico compuestos por una comunidad vegetal que presenta un gran número de especies como pueden ser gramíneas de bajo y mediano porte, dicotiledóneas, compuestas, leguminosas, ciperáceas y juncáceas entre otras. Éstas presentan una íntima relación suelo-planta variando su frecuencia y hábitos, tanto fisiológicos como ecológicos, en función del material geológico, suelo, topografía y manejo de pastoreo.

Dichas características que presenta el campo natural llevan a una serie de problemáticas, que según Carámbula (1994) resalta la necesidad de aumentar la cantidad y calidad del forraje ofrecido, al igual que mejorar su distribución en la producción estacional. En complemento, Boggiano et al. (2005) mencionan una degradación con niveles variables determinando la escasa productividad, siendo algunas de las razones el manejo del pastoreo y la carga animal utilizada. Esto es ratificado por Vaz Martins (1994), agregando que la alimentación es el factor más importante que limita el comportamiento de los animales en pastoreo.

Por lo tanto, integrando aspectos que tengan en cuenta el complejo suelo-clima-planta-animal se deben desarrollar técnicas involucrando a las pasturas naturales (Carámbula, 1994). En este sentido, Boggiano et al. (2005) destacan que ajustes en el manejo del pastoreo como por ejemplo frecuencia, intensidad y uniformidad de defoliación permiten lograr mejoras en la productividad.

De acuerdo a Nabinger y De Faccio Carvalho (2009) en la práctica se está muy lejos del potencial que realmente presentan las praderas naturales. El conocimiento que hoy se tiene sería suficiente para poder cambiar el panorama de la actividad ganadera que se realiza sobre este recurso. Existen antecedentes de trabajos experimentales que demuestran que simplemente un correcto ajuste de carga, en base al conocimiento de las principales especies forrajera y no forrajera dentro del predio, haría que la producción animal pueda ser sustancialmente aumentada. Siguiendo la misma lógica, existe la posibilidad de incrementar aún más la productividad mediante el uso de tecnologías externas como la introducción de especies leguminosas, fertilización fosfatada y nitrogenada produciendo un aumento en la cantidad y calidad de forraje ofrecido al ganado, repercutiendo en el resultado productivo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

En función de lo anterior, éste trabajo tiene como objetivo general evaluar la respuesta en la intensificación productiva del campo natural en el período otoño-invernal, analizando el efecto de la fertilización fosfatada y nitrogenada, y de la introducción de leguminosas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la respuesta en producción de materia seca del campo natural sometido a tratamientos de intensificación con agregado de insumos.

Evaluar cambios en la composición botánica del campo natural bajo el efecto de tratamientos de intensificación de la producción.

Evaluación del crecimiento animal en condiciones de intensificación del campo natural.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL

Uruguay está comprendido en su totalidad en el bioma campos, formando parte de una región llamada las praderas templadas de América del Sur, que se extienden además por el este de Argentina y el sur de Brasil. Esta región, también conocida como pastizales del Río de la Plata, constituye una de las áreas más extendidas de pastizales naturales en el mundo (Altesor et al., 2011).

Según Allen et al. (2011) una pradera natural se define como: “Ecosistema natural dominado por gramíneas indígenas, o que ocurren naturalmente, y otras especies herbáceas utilizadas principalmente para pastoreo por animales domésticos y silvestres” (p. 4). A los efectos de este trabajo se procede a citar la definición de campos: “Praderas constituidas principalmente por gramíneas, junto con hierbas, pequeños arbustos y ocasionales árboles; en un paisaje ondulado con colinas, y fertilidad del suelo variable. Se diferencian de Cerrado por tener un período invernal más largo y más severo y una relativa abundancia de leguminosas nativas” (pp. 4-5).

Dentro de este ecosistema coexisten relaciones energéticas; los recursos abióticos provenientes de la energía solar, atmósfera y suelo son utilizados por los recursos bióticos (plantas) generando la fuente de alimento para los herbívoros, que constituyen la salida del sistema: carne, lana, cueros, leche (Millot et al., 1987).

Las pasturas naturales del Uruguay son un complejo mosaico compuesto por un elevado número de especies, las cuales varían su frecuencia y hábitos fisiológicos dependiendo del suelo, material geológico, topografía y manejo del pastoreo. El ecosistema del campo natural está compuesto por especies de tapiz bajo, plantas subarborescentes herbáceas y pajizas. Dentro de esta comunidad se observa un predominio de especies gramíneas de bajo y mediano porte; dicotiledóneas, integradas por compuestas y leguminosas, y otras especies gramínoideas como ciperáceas y juncáceas (Millot et al., 1987). Este elevado número de especies presentan diferencias en cuanto a fisiología, tipo productivo, hábito de vida y ciclo productivo, lo que les confiere a los sistemas ganaderos una gran estabilidad, pero a su vez esto se traduce en un gran desafío a la hora de su manejo.

En este sentido, Berretta (2009) señala que los campos naturales comprenden campos vírgenes, y campos en diferentes etapas de la sucesión secundaria, con grados de artificialización variables. Se entiende por campo virgen a aquellos campos que no han tenido disturbios y a su vez presentan especies indicadoras como por ejemplo *Geranium albicans*, *Dorstenia brasiliensis* y alta frecuencia de *Bromus auleticus* (Rosengurtt, 1979).

Los campos del Uruguay se caracterizan por el predominio de especies de ciclo estival (ciclo C4) generando una mayor actividad de crecimiento en los periodos de primavera-verano-otoño. Por otro lado, las especies invernales (ciclo C3) realizan su aporte durante otoño-invierno-primavera, siendo menos eficientes que las primeras en cuanto a la producción de forraje, pero el valor nutritivo de estas es mayor (Millot et al., 1987).

En este respecto, Carámbula (1991) afirma que la estacionalidad de la producción del campo natural uruguayo es una característica muy manifiesta. Para todos los suelos del Uruguay, la menor producción de forraje se produce en invierno, y en forma muy marcada, debido a las bajas temperaturas y al sobrepastoreo ejercido por los animales sobre las especies invernales más productivas, que sufren irremediamente una defoliación extenuante en plena crisis invernal.

Nabinger et al. (2011) complementan que, las pasturas además de ser fuente de alimento para los herbívoros también cumplen otras funciones tales como la conservación de la biodiversidad, el control de flujos de nutrientes, el balance de gases de efecto invernadero, la calidad de las aguas, la manutención del paisaje. Aunque estas funciones pueden ser modificadas por el pastoreo.

Nabinger y De Faccio Carvalho (2009) comentan que el potencial de las pasturas naturales está muy lejos del actual que se explota, aun así, señalan que con el conocimiento actual podría ser suficiente para cambiar la actividad que se sostiene sobre este recurso. Junto a esto, se le podría incorporar la posibilidad de diferenciar el producto animal por sus características nutracéuticas que se genera por una dieta basada en especies vegetales.

### 3.2 ACTUAL RELACIÓN DEL CAMPO NATURAL CON LA GANADERÍA

La base forrajera de rodeos y majadas de la mayoría los sistemas productivos de nuestro país es el campo natural, a su vez integra en cierta medida la base nutricional en los sistemas agrícolas-ganaderos, por lo tanto, constituye un recurso estable y resiliente debido a su diversidad y heterogeneidad florística. En consecuencia, históricamente ha sido un factor fundamental en la sostenibilidad de esos sistemas y ha conformado la base de nuestras ventajas comparativas como país agroexportador (Risso, 2005), generando directa e indirectamente un importante aporte al producto bruto nacional.

En esta línea, Risso (2005) afirma que “en el presente, estas pasturas naturales constituyen la base de sistemas ganaderos con protocolos de producción ecológica, para nichos de mercado diferenciados, de alto potencial económico” (p. 7).

Millot et al. (1987) sostiene que el hombre a través de medidas de manejo como el control del empotramiento junto con la carga animal, la relación lanar/vacuno, el tipo de pastoreo, la fertilización, le impone ciertas características al campo natural generando que las comunidades vegetales dentro del ecosistema se encuentren en un continuo proceso de selección natural y adaptación. Debido a esta interacción se altera la composición florística y el potencial productivo del sistema, beneficiando o perjudicando las diferentes especies, lo cual genera modificaciones en el equilibrio biológico.

Las reglas del mercado internacional, así como también la necesidad de alimentos de una población mundial en crecimiento provocaron manejos inadecuados que han llevado a que se favorezca la sobrevivencia y predominancia de especies adaptadas a sobrepastoreo o subpastoreo (Millot et al., 1987). Generando un aumento de especies ordinarias y malezas en detrimento de especies tiernas, finas y leguminosas de mayor valor forrajero, lo que conlleva a la degradación del tapiz (Carámbula, 1991).

A pesar de las limitantes, el campo natural continúa y continuará siendo una importante fuente de alimento para los sistemas ganaderos del país (Risso, 2005). Para sortear estas, Millot et al. (1987) propone incrementar la productividad por una mayor tecnificación e intensificación de la producción.

El hombre maneja el aporte de recursos desde fuera del ecosistema cuando agrega un factor limitante de la productividad, como puede ser manejo de pastoreo, agregado de nitrógeno (N) y/o fósforo (P), semillas o heno. Realizar un pequeño aporte externo puede contribuir a un aumento global de importancia en la producción del sistema (Millot et al., 1987).

### 3.3 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

El nitrógeno (N) es muy importante en la composición de muchas moléculas, entre ellas aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos. Además, afirman que este nutriente es el más limitante para el crecimiento de las plantas en la mayoría de los países (Morón, 1996a).

Coincidiendo con dichos autores, Zanoniani (1999) afirma que una característica de los suelos de Uruguay es la escasa disponibilidad de fósforo y nitrógeno. Esto afecta el crecimiento del campo natural donde predomina el componente gramínea, aumentando así la importancia del agregado de nitrógeno (Ayala & Carámbula, 1994).

Estos últimos, observaron un incremento de la producción de forraje en tratamientos con el agregado de nitrógeno. Sin embargo, Zanoniani (1999) observó una gran variación en cuanto a la respuesta por el agregado de este insumo, que ha sido asociada al momento de aplicación y a las especies que componen el tapiz.

Por lo tanto, bajo la condición promedio de nuestro país y de gran parte de la región debe considerarse a la utilización de N como una herramienta más de manejo ya que es posible alcanzar altos rendimientos de materia seca en determinadas épocas, prolongar los períodos de disponibilidad de forraje y promover una distribución más ajustada del forraje con los requerimientos de los animales (Carámbula, 2002).

### 3.3.1 En la producción primaria

El crecimiento del forraje se ve directamente modificado debido al suministro de nitrógeno, viéndose incrementada la capacidad fotosintética de las hojas y el índice de área foliar (Woledge & Pearse, 1985).

De igual manera, Carámbula (2002) afirma que mediante la fertilización con N es posible elevar la producción de materia seca alcanzando niveles que no se podrían lograr con ningún otro manejo, además de encontrar una respuesta lineal a la producción de materia seca de la pastura a dosis bajas de N, para luego decrecer en las dosis altas. Relacionado a esto, Ayala y Carámbula (1994) afirman que las condiciones de suelo y climáticas son variables a tener en cuenta para determinar la dosis de fertilización para maximizar el rendimiento.

El agregado de nitrógeno a las comunidades nativas determina cambios en la composición, distribución y producción de forraje aéreo y radicular (Zanoniani, 1999). En este sentido estudios realizados por Ayala y Carámbula (1994) muestran que el uso de este nutriente incrementa la estacionalidad de los campos, logrando mayores respuestas en los momentos de activo crecimiento tales como primavera, verano y otoño.

Es importante mencionar que en el invierno también se observan efectos favorables al agregado de nutrientes, pero la producción de forraje en términos absolutos no termina siendo relevante para cubrir las necesidades animales, lo que sugiere descartar el uso de este nutriente para aumentar la producción inmediata de forraje. Esto está explicado principalmente por el ciclo biológico de las especies, las bajas temperaturas, heladas y excesos de agua durante esta estación (Ayala & Carámbula, 1994).

En relación a esto, estos autores observaron un efecto positivo a causa de fertilizaciones nitrogenadas en otoño, que favorece el aumento en el macollaje de las especies activas en invierno, y a su vez, se logran mayores rendimientos en primavera. Por lo tanto, la fertilización nitrogenada en cada estación puede afectar la producción forrajera de las estaciones siguientes.

Además, percibieron un incremento de 31% y 34% en la producción de forraje en tratamientos con el agregado únicamente de nitrógeno o acompañado por fósforo y potasio respectivamente. También, registraron aumentos de 3916 kg

MS/ha a 6454 kg MS/ha en campo natural con agregado de 320 kg N/ha/año con una frecuencia de defoliación de 45 días, siendo esta diferencia significativa. En esta línea, Rodríguez Palma (1998) reporta que la fertilización nitrogenada generó un aumento de 44% la producción de forraje entre tratamientos con 0 kg N/ha y 100 kg N/ha.

Jaurena, Giorello et al. (2015) observaron respuesta en la producción de forraje al agregado de nitrógeno incrementando 76% con el agregado de 200 kg de N/ha en comparación al testigo, y a su vez los tratamientos de 50 y 100 kg N/ha obtuvieron resultados intermedios siendo estadísticamente significativos entre ellos. Por lo tanto, la fertilización nitrogenada logró incrementar de manera significativa la producción forrajera obteniendo los valores de 4188, 5185, 6092 y 7393 kg MS/ha para la dosis de 0, 50, 100 y 200 kg N/ha respectivamente.

A su vez, a medida que avanzan los años de sucesivas fertilizaciones del campo natural se logran mejores respuestas productivas observándose un aumento de 140% en el tratamiento de 200 kg N/ha en comparación al testigo (Jaurena, Giorello et al., 2015), pero se debe tener la precaución de no afectar la estabilidad ni la diversidad del campo natural manejando los niveles de fertilización.

Según Zanoniani et al. (2011) como consecuencia de la fertilización nitrogenada hubo un incremento en la producción de forraje con alta intensidad de pastoreo (4% OF), y se redujo con baja intensidad de pastoreo (14% OF). Esto se debe a que el agregado de N produce un rebrote más rápido llegando rápidamente al IAF óptimo, y por lo tanto, con baja intensidad de pastoreo se obtienen remanentes mayores que generan sombreado produciendo así una reducción en la acumulación de materia seca.

Rebuffo (1994) sostiene que la respuesta a la fertilización nitrogenada se ve afectada por las condiciones climáticas durante y post aplicación, así como también por la tasa de crecimiento del forraje. Se detectaron ineficiencias cuando el fertilizante es aplicado superficialmente en condiciones de precipitaciones excesivas o déficit hídrico. A su vez, la composición botánica y el estado de la pastura tiene una fuerte incidencia en la respuesta potencial al agregado de N.

En este sentido, Ayala y Carámbula (1994) observaron que el agregado estacional de N a dosis altas (80 kg/ha/N) no fue superior que la dosis menor (40 kg/ha/N). Como corolario, se da una baja eficiencia en la utilización de este nutriente debido a que la pastura no logró aprovechar el nitrógeno aplicado en dosis altas. También depende de la frecuencia de defoliación, encontrando una mayor utilización aparente en cortes realizados en etapas avanzadas de crecimiento.

Estos autores destacan que cuando se hace un diferimiento de forraje hay alta respuesta a dosis elevadas y no fraccionadas. Por el contrario, a dosis elevadas son esperables bajas eficiencias en la utilización de este elemento en sistemas

rotativos rápidos, dejando en el suelo cantidades importantes de N. Además, explican que la respuesta a la fertilización nitrogenada es muy variable entre años y entre estaciones. Observando que la eficiencia de utilización del N fue de 1,5 kg MS/kg N en invierno (considerada muy baja), mientras que en primavera-verano fue de 14 kg MS/kg N.

En esta línea, Zanoniani (2009) a diferencia de los autores mencionados anteriormente, observó eficiencias de 16 kg MS/kg N en el período invernal bajo intensidades altas de pastoreo, destacándose el potencial productivo de algunas especies que componen el tapiz natural. Esta diferencia entre estos autores pone en manifiesto la gran diversidad de respuesta a la fertilización nitrogenada que se debe fundamentalmente a la composición botánica original del tapiz.

Los cambios en la composición botánica redundan en el aumento de la proporción de materia seca disponible explicada por las especies invernales (Ayala & Carámbula, 1994; Berretta et al., 1998; Boggiano et al., 2005; Rodríguez Palma et al., 2004; Zanoniani, 2009; Zanoniani et al., 2011).

### 3.3.2 En la composición botánica

Según Ayala y Carámbula (1994) con distintos niveles de fertilidad se tiene un balance diferente entre especies. Por lo tanto, aumentos en la fertilidad generan cambios botánicos en la pastura viéndose favorecidas las especies con mayor respuesta.

Estos autores afirman que al levantar las limitantes de fertilidad presentando un banco latente de semillas en el suelo se podría dar este cambio en la composición botánica.

En la totalidad del período experimental realizado por Duhalde y Silveira (2018) los tratamientos fertilizados con N presentan mayor participación de gramíneas invernales anuales, y en campo natural sin agregado de N hay una mayor participación de gramíneas estivales finas y tiernas, como también ordinarias y duras. Atribuyeron esto a las diferentes respuestas de las especies al agregado de N. Además, destacan que las sucesivas aplicaciones de N generan una tendencia a la anualización de las especies que conlleva a una degradación del tapiz vegetal.

En este sentido, Cardozo et al. (2008) encontraron que a 3 años de la última fertilización de los tratamientos de las dosis más altas hay una mayor proporción de especies anuales, lo que determinaría una degradación de las pasturas y desestabilización de las comunidades naturales por una sustitución de especies perennes por anuales. Mientras que Zanoniani et al. (2011) concluyen que dosis de 150 kg N/ha a 9% de OF constante provoca una reducción en la biodiversidad con un aumento en las especies anuales exóticas, como por ejemplo, *Lolium multiflorum* y *Carduus nutans*.

Según Millot et al. (1987) las gramíneas anuales pueden ser componentes permanentes de las pasturas dependiendo del manejo. En el caso que la productividad sea menor a las especies que suplantán, el porcentaje de las mismas puede ser tomado como un índice de degradación. En el caso del raigrás, éste puede ser un complemento de alta productividad y calidad invernal en situaciones de alta fertilidad, siendo importante el manejo para controlar la abundancia relativa de la especie ya que puede generar una disminución de especies perennes valiosas.

Ocurre un aumento de la contribución de las gramíneas invernales con la fertilización nitrogenada hasta el entorno de 180 kg N/ha, sufriendo una disminución con dosis superiores. Con dosis intermedias de 100 kg N/ha se puede lograr una contribución 3 veces más grandes de las gramíneas invernales respecto al aporte de las gramíneas estivales (Zanoniani et al., 2011).

En la misma línea, Rodríguez Palma et al. (2004) observaron que mediante fertilización nitrogenada de un campo natural se da un aumento del 40 a 50% en la frecuencia de participación de especies gramíneas invernales. A su vez, se dio un incremento en el aporte de especies finas.

Según Berretta et al. (2001) la utilización de fertilizantes nitrogenados a comienzos del otoño logra estimular el crecimiento y rebrote de especies invernales, como también, alargar el periodo vegetativo de especies estivales. Mientras que al fertilizar a fines de invierno se continúa el estímulo de las invernales y a su vez se da un rebrote más temprano de las especies estivales. Esto lleva a reducir el periodo de escaso crecimiento invernal.

Berretta et al. (1998) encontraron que en promedio las especies invernales presentan una mayor participación en tratamientos fertilizados respecto a los no fertilizado, pudiendo ser esta una herramienta más para hacer más invernal el tapiz vegetal. Estos mencionan que, en un campo natural de la región de basalto, frente al agregado de fertilizante nitrogenado y fosfatado las especies invernales empiezan a recubrir el suelo aumentando su frecuencia dado al aumento del nivel trófico del suelo, lo cual aumenta la producción y calidad de las pasturas. Al igual que las especies invernales, las especies finas, tiernas y tiernas-finas tienden a aumentar su frecuencia. En consecuencia, la frecuencia de pastos ordinarios se ve reducida y las malezas de campo sucio parecen no aumentar en los tratamientos fertilizados presentando una escasa participación, mientras que las hierbas enanas se ven favorecidas en los tratamientos con fertilización en invierno. Este aumento en la calidad de forraje es reafirmado por Rodríguez Palma et al. (2004) y Boggiano et al. (2004).

La maximización de la relación Invernales/Estivales se asocia a fertilizaciones nitrogenada intermedias (100 kg N/ha) debido a un mayor aporte de *Bromus auleticus* y *Stipa neesiana* (*Stipa setigera* actualmente), pero a partir de dosis muy altas de N (180 kg N/ha) las estivales se vuelven más competitivas

limitando la capacidad de respuesta de las invernales. Frente a esta mayor competencia la especie que comienza a dominar y formar una cobertura densa dificultando la instalación de las invernales es *Paspalum notatum* (Zanoniani et al., 2011).

### 3.3.3 En la calidad del forraje

Ayala y Carámbula (1994) comentan que el efecto fundamental de la aplicación de fertilizante, ya sea nitrógeno, fósforo o potasio, es incrementar la producción de materia seca, no afectando en gran medida la digestibilidad del campo natural, a pesar de esto, observaron una tendencia de aumento en la digestibilidad en los tratamientos que fueron fertilizados con nitrógeno.

En cuanto al porcentaje de proteína cruda, estos autores destacan que el agregado de nitrógeno (320 kg N/ha/año) permite, principalmente en el invierno y en el otoño, alcanzar valores mayores en la pastura, mientras que en primavera y verano los porcentajes de proteína cruda son más bajos. Además, no observaron efectos significativos en la fracción fibra detergente ácida, como se observa en la tabla 1.

**Tabla No. 1**

*Valores promedio anuales de digestibilidad, proteína y fibra detergente ácida, según los distintos tratamientos de fertilización*

Tratamiento	Digestibilidad (%). Promedio anual	Proteína (%). Promedio anual	FDA (%). Promedio anual
CN	51,8	8,7 b	44,1
CN + N	52,6	10,3 a	42,9
Nivel de significancia	no significativo	P mayor o igual 1%	no significativo

*Nota.* Adaptado de Ayala y Carámbula (1994).

Berretta et al. (2001) comentan que el contenido de N medido como proteína cruda fue superior para el campo fertilizado en comparación al testigo para las estaciones de invierno, primavera y verano. El contenido de proteína del campo fertilizado en invierno es de 14,3% mientras que el campo natural es de 11,0; para primavera en el fertilizado se alcanzan valores de proteína de 17,3% y para el tratamiento sin fertilizar es de 12%; y para el verano los valores son de 10,6% y 9,0% respectivamente.

Berretta et al. (1998) como se cita en Zanoniani et al. (2011) destacan que en los tratamientos fertilizados se ve una mayor frecuencia de pastos del tipo

productivo finos y tierno-finos. En esta línea, Bemhaja (1996) y Bemhaja et al. (1998) observaron en pasturas naturales sobre suelos de basalto profundo que el agregado fraccionado (abril, agosto y septiembre) de nitrógeno, beneficia el aumento de pastos finos, tierno-finos y tiernos, en particular de ciclo invernal, lo que hace que aumente la calidad del forraje. Reportando valores de proteína cruda de 9,3%, 10,5%; 13,2% y 13,4% para tratamientos de 0, 40, 80, y 120 unidades de N/ha respectivamente. A su vez, notaron que el contenido de fibra (FDN y FDA) fue el mayor en el tratamiento de 0 unidades de N/ha.

Siguiendo con este razonamiento, Zamalvide (1998) encontró un aumento en la calidad de la pastura por un aumento en el contenido de N y P, y por el afinamiento de la misma, siendo esto ratificado por Boggiano et al. (2005) en suelos de la unidad San Manuel, donde la contribución de las gramíneas invernales puede triplicar el aporte de las gramíneas estivales debido al agregado de nitrógeno.

Siguiendo la misma línea, Zanoniani et al. (2011) destacan que la calidad de forraje se ve maximizada a dosis intermedias (100 kg N/ha) de fertilizante nitrogenado, donde se encontraron diferencias en la relación especies invernales/estivales a diferentes ofertas de forraje favorecida con intensidades bajas (ofertas bajas). Esto genera un aumento en la producción y en la contribución de las invernales, por lo tanto, aumenta la calidad de la dieta ofrecida.

Por otro lado, Larratea y Soutto (2013) en un campo natural del litoral de Uruguay, no encontraron diferencias significativas en la calidad de forraje al comparar 2 dosis de N (114 y 60 kg N/ha). Dicha calidad está medida con %PC, %FDN y %FDA presentando los valores en la siguiente tabla.

**Tabla No. 2**

*Efecto del nivel de nitrógeno en el contenido porcentual de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la MSP*

N	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)
114	14,8 a	53,5 a	23,0 a
60	13,9 a	53,0 a	23,9 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,1$ )

*Nota.* Adaptado de Larratea y Soutto (2013).

### 3.3.4 Sobre el ambiente

A pesar de los beneficios en cuanto a mejoras tanto en la producción de MS y en la calidad del forraje como se ha mencionado anteriormente, Morón (1994) menciona que el proceso de intensificación de la producción animal en base a

pasturas viene de la mano con un aumento en la entrada de N al sistema suelo-planta-animal. Dicho incremento puede ir acompañado del aumento en la pérdida del nutriente con su respectivo impacto ambiental.

Siguiendo con esto, Nabinger y De Faccio Carvalho (2009) destacan que el incremento de la intensificación involucra un riesgo ambiental. Los resultados de niveles de fertilización mayores a 100 kg N/ha son una disminución de la diversidad florística y la dominancia de especies sensibles lo que puede ser una limitante en condiciones adversas.

Ball y Ryden (1984) y Stelle (1982), como se cita en Morón (1994), aseveran que los ecosistemas de pasturas bajo pastoreo se caracterizan por presentar una gran ineficiencia en el ciclo del N. Además, este último destaca que los rumiantes tienen un fuerte impacto en el ciclo del nitrógeno, y que del nitrógeno ingerido solo una pequeña porción es retenida en los productos y en los animales. En cuanto al reciclaje, este se concentra en áreas pequeñas presentando un nivel potencial de pérdidas medio a alto. Morón (1994) reafirma esto indicando que en el entorno del 72% del N ingerido por el animal retorna al sistema en forma de deyecciones, tanto en heces como en orina.

En base a esta problemática, Steele y Valis (1988) como se cita en Morón (1994) sostienen que se le está dando mayor importancia al ciclo del N en pasturas, ya que en base al manejo empleado en estas se tiene efecto en el ciclo del nutriente afectando tanto la productividad como las pérdidas respecto a su magnitud y sus vías. Además, presenta una estrecha relación con la salud humana debido a la contaminación de napas de agua con nitratos, destrucción de la capa de ozono y efecto invernadero por óxido nitroso.

### 3.3.5 En la producción secundaria, carga animal y ganancia individual

Por lo general, el uso de fertilizantes sobre el campo natural refleja un aumento de la producción de materia seca. Si el consumo animal no acompaña dicho aumento, pudiendo ser por un aumento en la carga, parte de la producción se pierde debido a los procesos de senescencia y no se lograría capitalizar los beneficios de la fertilización (Anfuso et al., 2016).

En la misma línea, Gomes et al. (2000) indican que las deficiencias que presenta el campo natural llevan a tener menores % de parición y ganancia de peso, lo que redundaría en menor producción de carne por hectárea. Afirmando que fertilizar el campo natural tiene efectos positivos sobre la producción secundaria.

Con la fertilización nitrogenada se obtiene una alta eficiencia en la transformación de la energía en la producción primaria, siendo muy dependiente de la OF la producción secundaria (Larratea & Soutto, 2013).

Boggiano (2000) como se cita en Anfuso et al. (2016) afirma que a mayores niveles de nitrógeno el bocado por parte de los animales será mayor, dado por una facilidad en la cosecha a razón de una modificación en la arquitectura de la planta la cual se modifica quedando de manera más erecta con láminas mayores, junto con un aumento en el número de macollos y tallos más largos.

Tanto Rodríguez Palma (1998), Gomes et al. (2000), Rodríguez Palma et al. (2004), Peirano y Rodríguez (2004), Rodríguez Palma et al. (2008b), Zanoniani (2009), Zanoniani et al. (2011), Duhalde y Silveira (2018) encontraron que la fertilización nitrogenada del campo natural lleva un aumento en la producción primaria que es acompañado por un aumento en la carga, redundando en un incremento en la producción secundaria.

El aumento en la producción primaria registrado por Rodríguez Palma (1998) permitió un incremento en la carga animal y en el consumo por hectárea debido al incremento de la frecuencia de defoliación. Los valores de carga promedio manejada en los 140 días de pastoreo son 1,64; 2,07 y 3,07 novillos/ha para N0, N50 y N100 respectivamente.

Según Zanoniani (2009) al aumentar la dosis en la fertilización nitrogenada hasta 200 kg N/ha aproximadamente, y manteniendo una oferta de forraje de 9% PV se logra dicho aumento en la carga, encontrando una mayor pendiente hasta 150 kg N/ha. En la misma línea, Zanoniani et al. (2011) menciona que una dosis de 150 kg N/ha y con la misma OF, se puede llegar a valores de hasta 1,4 UG/ha de animales en mantenimiento.

En tal sentido, Rodríguez Palma et al. (2004) encuentran un incremento de la carga entre el 60 al 90% en los tratamientos fertilizados, mientras que Rodríguez Palma et al. (2008a) con una fertilización de 100 kg N/ha constatan incrementos del 66%.

Gomes et al. (2000) en el período primavera-verano-otoño, evaluando 3 niveles de fertilizaciones nitrogenadas (0, 100 y 200 kg N/ha) a carga continua y oferta de 9% presentan carga promedio de 572, 752 y 854 kg PV/ha respectivamente.

Larratea y Soutto (2013) señalan que no se encontraron diferencias significativas sobre la carga y UG por efecto del agregado de nitrógeno con dosis de 60 y 114 kg N/ha para el periodo invierno/primaveral. Esto es explicado porque no se encontraron diferencias estadísticas por efecto del nitrógeno sobre el forraje presente, disponible y desaparecido, observándose los resultados en la siguiente tabla.

**Tabla No. 3**

*Efecto del N sobre las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (kg/ha/día) y ganancia por animal (GMD)*

N	Carga (kg PV/ha)	UG	OF (%PV)	Ganancia (kg/ha/día)	GMD (kg/a/día)
114	824 a	2,2 a	5,56 a	0,46 a	0,15 a
60	694 a	1,8 a	6,20 a	0,50 a	0,21 a

*Nota.* Adaptado de Larratea y Soutto (2013). Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Respecto a la ganancia media diaria (GMD), Rodríguez Palma (1998), Gomes et al. (2000), Peirano y Rodríguez (2004), Rodríguez Palma et al. (2008a) y Gallinal et al. (2016) no encuentran diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados y no fertilizados.

Gallinal et al. (2016) afirman que las GMD se mantienen porque las pasturas no presentan diferencias en calidad y el consumo no está limitado por factores no nutricionales.

Se debe destacar que Rodríguez Palma (1998) no encuentra diferencias significativas en la GMD entre los tratamientos en cada periodo, ni entre los periodos a un mismo nivel de fertilización con N. Obteniendo valores de 843,4; 839,4 y 988,9 g/d para N0, N50 y N100 respectivamente en el período invernal, mientras que para el período primaveral se obtuvieron valores 1054,3; 992,1; 954,6 g/d para los mismos tratamientos.

Además, Duhalde y Silveira (2018) registran que en el período invernal no se registraron diferencias significativas en la GMD, incluso revelan que se dio pérdida de peso en los animales debido a la escasa producción y calidad de forraje ofrecido. Por el contrario, estos autores encuentran mayores GMD en los tratamientos con intervención del campo natural respecto al testigo en el período invierno-primaveral. Explicando esto por una mejora en la calidad de la pastura dada por la participación de especies finas y tiernas en los tratamientos fertilizados con nitrógeno y mejorados con leguminosas.

Respecto a la historia de fertilización, estos encuentran diferencias significativas en la GMD en el período invierno-primaveral siendo superior en los tratamientos con mayor historia de fertilización, donde presentan una mayor proporción de gramíneas invernales anuales y una menor carga instantánea.

La mayor diferencia en productividad animal por hectárea por el efecto de la fertilización nitrogenada se observó para invierno en el tratamiento N100 con una superioridad de 190% respecto a N0 y 77% respecto a N50. La productividad en primavera de N100 fue superior en un 28% a la de los restantes tratamientos. Para los distintos niveles de fertilización la productividad estimada fue de 224,86; 279,20; 440,55 kg/ha para N0, N50 y N100 respectivamente (Rodríguez Palma, 1998).

### 3.4 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA

El P en los organismos cumple una parte muy importante siendo componente de hidratos de carbono, lípidos, fosfolípidos (membrana celular), proteínas, coenzimas NAD y NADP, y formando parte de la molécula de ATP, entre otros (Morón, 1996b). Por lo tanto, este nutriente es esencial para el crecimiento de las plantas y la búsqueda de incrementos en la producción.

Cómo se ha mencionado anteriormente según Hatchondo (1958) y Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (CIAAB, 1962, 1971 y 1981), como se cita en Millot et al. (1987), la mayoría de los suelos del Uruguay presentan deficiencias en P, por lo cual se debe prestar atención a esta problemática y analizar la respuesta del campo natural al agregado de dicho nutriente.

Zamalvide (1998) comenta que hay factores climáticos que afectan la disponibilidad del P, como por ejemplo las bajas temperaturas o el pasaje de un suelo seco a un suelo húmedo. Las bajas temperaturas disminuyen el P disponible haciéndolo limitante para el crecimiento de las plantas, mientras que el pasaje de un suelo seco a un suelo húmedo aumenta la mineralización, y por lo tanto la disponibilidad de P.

La carencia del P en los suelos de la región impide el crecimiento de las especies forrajeras, especialmente de las leguminosas; y provoca que las plantas no puedan utilizar al máximo los demás nutrientes fundamentales para el buen comportamiento de las pasturas (Carámbula, 2003).

A lo que esto refiere, Mas et al. (1994b) afirman que la fertilización fosfatada es uno de los principales factores que condiciona el éxito para lograr una buena implantación y persistencia de las especies que se deseen introducir, por lo tanto, sería importante realizarla al momento de la implantación, utilizando la dosis correcta.

Morón (1996b) destaca que la única entrada significativa de P al sistema es mediante la inclusión bajo la forma de fertilizante, en contraposición al N que puede tener importantes entradas mediante fijación biológica (FBN). En tal sentido Jaurena, Antúnez et al. (2015) sostienen que la fertilización fosfatada del campo

natural debe ser una opción estratégica para aumentar la producción de forraje y tener en cuenta su implicancia en la calidad del mismo.

Para remarcar la importancia del P, Carámbula (2003) asegura “que sin su aplicación regular y liberal es imposible alcanzar incrementos en la producción cuantitativa y cualitativa de cualquier predio” (p. 54). Además, sostiene que se puede registrar el triple, el cuádruple o aún más del costo del fertilizante en la producción alcanzada, cuando se aplica en forma correcta y se administra de forma eficiente el forraje.

Castro (1969) afirma que hay respuesta de las gramíneas de mayor valor forrajero al agregado de fertilizante fosfatado desde el segundo año de aplicación, pero las que tienen una mayor respuesta son las leguminosas observando un aumento en porcentaje de las mismas hasta el quinto año. Millot et al. (1987) asienten que, frente al no agregado de N, la respuesta a la fertilización fosfatada está asociada al contenido de leguminosas productivas presentes en el tapiz, mejorando directa o indirectamente el rendimiento. Por lo tanto, si se quiere que la fertilización únicamente con P sea exitosa, el tapiz vegetal debe presentar una población suficiente de leguminosas nativas eficientes en la fijación de N de alto rendimiento (Allegrí et al., 1975).

Según Millot et al. (1987), aún después de seis años de realizado el experimento de fertilización fosfatada, el campo natural con el agregado de este insumo mantuvo una producción dos veces mayor al tratamiento testigo sin fertilizar.

Carámbula (2003) destaca que el déficit de este nutriente en cualquier pastura ocasiona no solo que las tasas de crecimiento se vean disminuidas, sino que también afecta la concentración de P en el forraje y por lo tanto la calidad nutritiva se ve perjudicada siendo una limitante para la producción animal.

En definitiva, la fertilización fosfatada aumenta este nutriente en el suelo produciendo una multiplicación y desarrollo de las leguminosas, las cuales aportan nitrógeno gracias al mecanismo que llevan a cabo los *Rhizobium*, produciendo un aumento en la calidad y cantidad de forraje al verse promovido el crecimiento de las gramíneas (Allegrí et al., 1975).

#### 3.4.1 En la producción primaria

La respuesta a la fertilización fosfatada es muy variable, se pueden lograr aumentos de rendimiento oscilando en el entorno de 11 a 25% para suelos superficiales y/o arenosos, siendo poco rentable el uso de esta única tecnología; y entre 50 a 90% para algunos suelos profundos y fértiles más o menos pesados (Carámbula, 1978).

Symonds y Salaberry (1978), trabajando en suelos de formación Fray Bentos, observaron una fuerte respuesta del orden del 40% en la producción de forraje al agregado de fosfatos. Esto se debe principalmente a la presencia generalizada de leguminosas como por ejemplo trébol carretilla.

Para que la aplicación de fertilizante fosfatado sea viable económicamente se deben lograr aumentos significativos en cuanto a la producción de forraje. Para esto, el tapiz debe contar con stock suficiente de leguminosas que podrían mejorar la calidad de la dieta (Millot et al., 1987). Estos autores en un campo natural sobre cristalino constatan un incremento en la producción de forraje que rara vez supera el 25% debido al agregado de fertilizante fosfatado, alcanzando un rendimiento anual de 3780 kg MS/ha en el campo natural fertilizado y 3000 kg MS/ha en el campo natural sin fertilizar. Sin embargo, reportan que, en suelos con mayores proporciones de leguminosas, se pueden dar aumentos de rendimiento superiores al 50% con el agregado de este insumo externo.

Según Mas (1992), en términos absolutos el aumento de cantidad de forraje no es importante (10-30%) por la fertilización fosfatada sobre el campo natural, redundando en que no sería una solución a las carencias que presenta el tapiz nativo como por ejemplo la mejora en la calidad de la pastura, el déficit invernal, ni la variabilidad en la producción interanual. Este destaca que un paso complementario a la fertilización fosfatada es la introducción de especies leguminosas para capitalizar el agregado de este nutriente.

Cardozo et al. (2017) señalan que la producción primaria neta aérea (PPNA) incrementa debido a la utilización de fertilización fosfatada, pero estos incrementos fueron pequeños y estables con un gradiente de MS y según el tipo de suelo, de 443 kg MS/ha/año promedio. No se detectó efecto de las distintas dosis anuales sobre el rendimiento del forraje, como tampoco afectó la fuente de fertilizante ya sea los solubles como los insolubles. En este sentido, según Bemhaja (2006) el campo natural presenta una escasa participación de leguminosas con una baja eficiencia en la fijación de N, haciendo que la fertilización fosfatada no genere cambios significativos en el volumen y calidad del forraje.

Por su parte, Risso y Scavino (1978) en suelos de la asociación San Gabriel-Guaycurú reportan pobres respuesta en producción frente al agregado de fertilizante fosfórico. En este sentido, aún en niveles de 200 unidades iniciales y 80 unidades anuales de fosfato por hectárea durante 4 años, no observaron respuestas significativas y raramente ocurren incrementos mayores al 20% en comparación con el campo natural.

Johnston et al. (1969) encuentran un aumento en la producción con el agregado de fertilizante, observándose un incremento relativo de rendimiento de 110% para parcelas con la fertilización fosfatada, 153% para parcelas con

fertilización nitrogenada, 215% para parcelas fertilizadas con N y P en comparación con el 100% de los rendimientos que representa la parcela testigo.

Castro (1969) constató una superioridad de 30% en rendimiento de forraje al finalizar el segundo año de fertilización con respecto al campo natural sin agregado de P, a su vez no hubo diferencias significativas entre los niveles y las fuentes de fósforo utilizadas. En cambio, al tercer año de iniciado el experimento, se observaron diferencias significativas entre fuentes y niveles de fósforo.

Berretta et al. (1998) señala que se puede aumentar la producción de forraje con una eficiencia de 7,5; 22,3 y 23,0 Kg MS/kg de nutriente para los tres primeros años respectivamente con el agregado anual de 92 kg/ha de N y 44 kg/ha de P.

Al cabo del tercer y cuarto año, Zamalvide (1998) señala que se logran incrementos significativos en la producción de forraje (kg MS/ha) con la aplicación de 70 unidades anuales de N fraccionadas en otoño y primavera y 30 unidades anuales de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

En lo que respecta a las refertilizaciones anuales, dicho autor destaca la importancia que tienen las mismas sobre la producción del tercer y cuarto año al comparar un testigo con dos tratamientos, una aplicación única de 60 unidades de superfosfato a la siembra y 60 unidades de superfosfato a la siembra acompañado con fertilizaciones anuales. Observó que al no realizar refertilizaciones anuales hay caídas importantes en el rendimiento sin importar las dosis iniciales altas, siendo este comportamiento dependiente del tipo de suelo.

Continuando con esta línea, el mismo comparó un testigo con 2 criterios de fertilización, los cuales son 30 unidades de superfosfato a la siembra y 30 unidades de superfosfato a los 2, 3 y 4 años, y 60 unidades de superfosfato a la siembra y 30 unidades de superfosfato a los 2, 3 y 4 años. El resultado obtenido es una respuesta positiva al agregado de P, donde refertilizaciones con una dosis de 30 unidades de superfosfato provoca importantes incrementos en la producción de forraje oscilando entre 50 a 200% dependiendo del suelo. Asimismo, encontró que la residualidad de la dosis de 60 unidades de superfosfato a la siembra es pequeña al tercer y cuarto año al compararla con la fertilización inicial de 30 unidades de superfosfato.

Según Sánchez (2015), analizando el campo natural de la pampa deprimida bonaerense, observa que la producción de biomasa sobre campo natural con dosis de 120 kg/ha de fertilizante NPK 5-40-0 logra muy buenos resultados, reportando diferencias de 4413 kg MS/ha entre el tratamiento fertilizado y el testigo. Este aumento en la producción primaria permitiría aumentos de la carga sobre el campo natural. Está autora también destaca que los beneficios de la fertilización fosfatada además de incrementar la biomasa cosechable y mejorar de

la calidad del campo natural generada por aumento de la frecuencia y producción del *Lotus tenuis*, genera un enriquecimiento del suelo.

Daniell (1993) concluye que la utilización de fosfato diamónico (DAP) aplicado desde finales de otoño hasta principio de primavera permite aumentar la carga animal y la performance animal sin la necesidad de utilizar suplementos, generando que sea rentable económicamente. A nivel de las comunidades vegetales, este fertilizante provocó un aumento en la producción de forraje y una mayor respuesta luego de un periodo de déficit hídrico que ocurrió en el experimento.

Madeira de Quadros (2019) en el período primavera-estival sobre basalto encuentra que el efecto de la fertilización fosfatada fue dependiente de la dosis de N para la producción anual de forraje, donde no encuentra una respuesta a la aplicación de P en ausencia de una fertilización nitrogenada. A medida que aumenta la fertilización nitrogenada hay respuesta positiva de la fertilización fosfatada en la producción de forraje, llegando a encontrar una sinergia cuando se utilizan dosis de N de 100 y 200 kg/ha/año.

#### 3.4.2 En la estructura y composición botánica

El incremento de la carga que permite la fertilización fosfatada no afectó de manera negativa la diversidad del tapiz, ni hubo cambio en la composición botánica, permitiendo que la disponibilidad de MS se encuentre en valores adecuados al ingreso del inicio del invierno (Ayala & Bendersky, 2017).

Mas et al. (1994a), analizando fertilizaciones anuales de 30 unidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en Unidad Bañado de Oro por 10 años y Sierra de Polanco por 15 años, no observaron disminuciones en la variabilidad de la producción ni cambios en la distribución de la oferta de forraje, como tampoco aumenta la frecuencia de las leguminosas en el tapiz.

En determinados suelos y zonas del Uruguay asociados a historias de fertilización, buena fertilidad natural o acumulación de fertilidad como dormideros, aguadas y porteras, en el tapiz natural se puede encontrar la presencia de leguminosas anuales sub espontáneas como *Medicago polymorpha* (trébol carretilla), *M. confinis*, *M. arabica*, *M. mínima*, *M. lupulina* y *Trifolium dubium* (Millot et al., 1987). Estos autores comentan que “la contribución de estas leguminosas de gran adaptación al pastoreo es trascendente en tapices abiertos y puede dinamizarse con la fertilización fosfatada, pasando a ser contribuyentes importantes en los tapices naturales” (pp. 67-68).

Royo y Mufarrege (1969), Castro (1969), Symonds y Salaberry (1978) manifiestan que la fertilización fosfatada además de lograr aumentos en la producción de forraje, produce un cambio en la composición botánica provocando

mejoras significativas en los niveles de leguminosas y por consiguiente en la calidad del tapiz en general.

Berretta et al. (2001) comentan que en un campo fertilizado se da una mayor participación al recubrimiento del suelo de especies invernales, en comparación a un campo sin fertilizar. La fertilización con N y P provocó un aumento del nivel trófico del suelo, que permitió un incremento de dichas especies.

Millot et al. (1987) señala que se ven promovidas las gramíneas anuales más productivas como *Lolium multiflorum*, *Bromus spp.* y *Gaudinia* debido a la contribución de la FBN que realizan las leguminosas nativas favorecidas por el P agregado, redundando en un aumento de la producción invernal en calidad y cantidad.

En campos fertilizados las especies finas y tiernas-finas son más frecuentes. Es importante destacar que *Stipa setigera* es la que más tiende a incrementar su frecuencia en suelos fertilizados y con carga elevada, debido a que tolera bien el pastoreo. Por otro lado, las especies ordinarias tienen menor frecuencia en el campo fertilizado como consecuencia del aumento en la participación de especies tiernas y finas. A pesar de que las hierbas enanas se encuentren en baja frecuencia, estas incrementan su participación en invierno y en potreros bajo fertilización. Por último, las malezas de campo sucio tienen escasa participación y pareciera no aumentar su frecuencia con la fertilización fosfatada (Berretta et al., 2001).

Janssens et al. (1998), Gilbert et al. (2009), Ceulemans et al. (2013), como se cita en Jaurena et al. (2016), y Jaurena et al. (2016) documentan una relación negativa entre la concentración de P extraíble del suelo y la diversidad de especies del tapiz natural. A su vez, Lambers et al. (2011) mencionan lo mismo para suelos con altos contenidos de P en Australia.

Respecto a este tema, Jaurena et al. (2016) sugieren que puede estar ocurriendo una compensación entre una mayor calidad y producción de forraje en detrimento de la integridad de la comunidad vegetal.

### 3.4.3 Calidad del forraje

Dado que el forraje es un producto intermedio para la producción animal, una deficiencia de P conlleva a una menor tasa de crecimiento de la pastura con un efecto sobre la concentración de P, y por lo tanto, en la calidad de la misma (Morón, 1996b).

Allegrí (1979) comenta que las pasturas de los suelos que comprende el área más relevante de la producción ganadera del Uruguay presentan un contenido promedio de P del 0,12% de la MS con importantes fluctuaciones.

Cardozo et al. (2017) afirman que la relación N:P demuestra que no existiría deficiencia de fósforo (deficiencia: relación N:P >20-25) en los pastizales estudiados de las regiones basálticas, del éste y sedimentarias, debido a que más del 90% de las muestras analizadas presentaron relación N:P inferiores a 14 y menos del 5% presentaban una relación N:P mayor a 16. Esta relación indicaría mayores deficiencias de N para los pastizales que del nutriente P.

Fertilizaciones fosfatadas, además de generar incrementos en la frecuencia relativa de leguminosas, provocaría mejoras tanto en los niveles de producción y calidad del forraje ofrecido (Millot et al., 1987).

En la misma línea, Berretta et al. (2001), Jaurena, Antúnez et al. (2015), Madeira de Quadros (2019), Millot et al. (1987), Royo y Mufarrege (1969) señalan que el contenido de P del forraje es superior en los campos que son fertilizados en relación al sin fertilizar.

Berretta et al. (2001) encuentran un mayor valor en invierno y primavera de aproximadamente 2,3 mg P/g MS en comparación al CN sin fertilizar de 1,8 mg P/g MS.

Jaurena, Antúnez et al. (2015) observaron para *Axonopus affinis* y *Paspalum dilatatum* un incremento de 39% y 24% respectivamente del contenido de fósforo foliar con la fertilización fosfatada. A su vez, el contenido de fósforo foliar en el forraje cosechado se incrementó un 32% debido a la fertilización.

Risso y Scavino (1978) en un suelo de la asociación San Gabriel-Guaycurú observaron que frente a la incorporación de fertilizante fosfatados se puede llegar a promover la frecuencia relativa de leguminosas como el trébol carretilla y el trébol polimorfo, este incremento se puede traducir en el aumento de la calidad del forraje, aun así este aumento de especies no se refleja en incrementos en la producción de esas pasturas, siendo esto último reafirmado por Madeira de Quadros (2019).

Jaurena, Antúnez et al. (2015) destaca un aumento del 32% en el contenido de P del forraje en primavera con aplicaciones de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha sobre suelos de basalto. Mientras que Millot et al. (1987) en un campo sobre cristalino, reportan una leve superioridad de 0,11% de P para campo natural y 0,18% de P foliar para campo natural fertilizado. A su vez, observaron un aumento sutil en el contenido de proteína cruda del forraje pasando de 8,0% a 8,3% en campo natural fertilizado. En conjunto estas mejoras según estos autores permiten lograr beneficios en el comportamiento animal pastoreando el campo natural.

Según Royo y Mufarrege (1969) los animales sobre los tratamientos fertilizados con P en un campo natural de Corrientes (Arg.), no deben ser suplementados ya que el contenido de P en el forraje siempre estuvo por encima del mínimo (0,15 gr P/100 g MS). Además, se evidenció la permanencia del P en el

suelo dado que su contenido en el forraje el año que no se fertilizó sigue siendo elevado.

#### 3.4.4 Sobre el ambiente

Según Morón (1996b) “existen cuatro grandes vías de pérdida del P hacia el exterior del sistema productivo, las cuales son: extracción de P a través de las reservas de forraje (heno y/o silo), transferencia de P vía heces fuera del área productiva, extracción en producto animal (leche, carne) y erosión” (p. 38).

Dado que la aplicación de este nutriente provoca aumentos en la producción por unidad de área, puede generar una mayor cobertura del suelo pudiendo reducir la erosión. Complementando lo anterior, este nutriente se puede perder por lixiviación dentro del perfil y por escurrimiento superficial tanto en solución como en las partículas, a pesar de esto, las pérdidas de este nutriente por lixiviación son consideradas muy bajas (Sharpley & Menzel, 1987).

También, estos comentan que las pérdidas se encuentran influenciadas por la tasa, el tiempo y el método de aplicación del fertilizante, así como también por la cantidad, la formulación, la cobertura vegetal y el tiempo transcurrido entre la aplicación y la ocurrencia de precipitaciones. Generalmente las pérdidas de P del fertilizante son menores al 1% del total aplicado y es difícil distinguir entre las pérdidas provenientes de la fertilización y las provenientes del suelo.

Williams (1974), como se cita en Morón (1992), comenta que la fertilización fosfatada en cobertura, por lo general, determina una importante acumulación de P en los primeros centímetros del perfil. Por lo que, a una misma cantidad de suelo erosionado, la pérdida de fósforo a causa de la erosión puede ser mayor en un sistema de pasturas fertilizadas en comparación a un sistema agrícola.

El P se concentra principalmente en la fracción fina y en la materia orgánica, los cuales son transportados en los sedimentos cuando se da el proceso selectivo de erosión. Por lo tanto, dichos sedimentos presentan un enriquecimiento en P con respecto al suelo que da origen (Morón, 1996b).

Sharpley y Menzel (1987) comentan que a pesar de que el fósforo no es tóxico, la continua aplicación de fertilizantes fosfatados puede generar efectos perjudiciales en ambientes terrestres y acuáticos. El transporte de P del medio ambiente terrestre al acuático a causa de la escorrentía subterránea y superficial puede generar un deterioro de la calidad del agua debido a la eutrofización acelerada, generando problemas con su uso para la pesca, recreación, industria o la bebida, debido al crecimiento de algas y malezas acuáticas indeseables.

Por lo tanto, el control de la entrada de P es de suma importancia para reducir la eutrofización acelerada de las aguas superficiales. En el caso que ocurra esta eutrofización de forma grave, no existiría una amenaza fundamental para el medio ambiente en general, pero puede ocasionar la muerte de peces por

agotamiento del oxígeno en el cuerpo de agua. Además, a pesar de que no haya efectos perjudiciales directos del P en el medio ambiente terrestre, se han constatado acumulación de contaminantes traza como cadmio, uranio y radio en suelos sometidos a fertilizaciones continuas de P.

#### 3.4.5 En la producción secundaria, carga animal y ganancia individual

Dada la deficiencia de P que presentan las pasturas naturales del país, los animales estarían sufriendo limitaciones en su comportamiento, principalmente los vacunos con requerimiento en aumento. Se debe tener en cuenta que los ovinos están en mejores condiciones de seleccionar la dieta (Millot et al., 1987).

Por lo reportado por Grace (1983), como se cita en Morón (1996b), en los bovinos y ovinos el 75 a 80% del P está en el esqueleto. Ante cualquier déficit de este, dichos animales pueden presentar problemas de ablandamiento y fracturas óseas, bajas tasas de crecimiento y fallas en la reproducción.

Según Millot et al. (1987) el ganado durante períodos como el invierno y parte del verano sufren deficiencias, entre ellas está la deficiencia de P lo que resulta en bajos rendimientos de producto animal.

En la provincia de Corrientes, donde el campo natural es la base de la alimentación ganadera, se da un bajo contenido de P en el forraje generando una deficiente nutrición mineral de los animales, esto puede solucionarse por medio de la fertilización fosfatada de los campos. Como respuesta a esto, en INTA Mercedes se demuestra que con aplicaciones de fertilizante fosfatado se da un aumento en la producción de MS, del contenido de P en el pasto y de la proporción de leguminosas (Benítez et al., 2004).

La fertilización con P sobre el campo natural permite un incremento de 30% de la carga en relación al testigo sin fertilizar, manteniendo la disponibilidad de MS en valores adecuados al ingreso del inicio del invierno (Ayala & Bendersky, 2017).

Barcellos et al. (1980) señalan que para la media de 11 años (1957-1968) los tratamientos con el uso de fertilizante fosfatado obtuvieron mayores resultados en términos de ganancia de peso vivo (kg/ha), encontrándose superioridad de 173% y 189% en relación a los tratamientos que presentaba pastoreo continuo y rotativo sin fertilización que tenían valores de 100% y 115% respectivamente. Las ganancias fueron de 92,0 y 106,2 kg/ha para pastoreo continuo y rotativo sin fertilización; y de 159,7 y 174,4 kg/ha para pastoreo continuo y rotativo con fertilización.

Los autores comentan que estas diferencias se deben a que hubo menores pérdidas de peso en el periodo de invierno (fin de mayo a fin de septiembre, 118 días) y una mayor dotación durante el periodo de verano (fin de septiembre a fin de mayo, 247 días) en relación a los tratamientos sin el agregado de insumo. En el

período invernal, en todos los tratamientos se encontraron pérdida de peso vivo (kg/ha). En los tratamientos fertilizados las pérdidas eran menores, en el entorno de 13,6 y 11,5 kg/ha en el pastoreo continuo y rotativo respectivamente; y para los tratamientos que no se fertilizaron las pérdidas son de 18,2 y 12,4 kg/ha para los mismos pastoreos.

Luego de 7 años de realizado el experimento, se observa el efecto residual de los tratamientos fertilizados con fósforo, los cuales presentaron valores superiores en ganancia de peso vivo de 190% en pastoreo continuo y 216% en pastoreo rotativo, comparado con los tratamientos no fertilizados que presentan valores de 100% y 118% respectivamente (Barcellos et al., 1980).

Respecto a la media de ganancias de peso vivo para todo el periodo, estos autores obtuvieron valores de 185 kg/ha para pastoreo continuo y 211 kg/ha para pastoreo rotativo en los fertilizados; y 97,5 kg/ha para pastoreo continuo y 115 kg/ha para pastoreo rotativo sin fertilizar.

Durante la primavera, verano y otoño en Río Grande do Sur (Brasil), en praderas naturales se vio un aumento en la ganancia de peso vivo de 113 a 159 kg/ha debido a la fertilización fosfatada (Royo & Mufarrege, 1969).

Benítez et al. (2004) resaltan la importancia del efecto de la fertilización fosfatada en la producción en el segundo año ya que el aumento de disponibilidad de forraje que generó, mantuvo a los animales en adecuadas condiciones de consumo, sobre todo con cargas altas. En cambio, el tratamiento sin fertilizar llegó al nivel crítico y si presenta estas limitantes.

La ganancia anual promedio de 11 años se vio afectada por el mejoramiento siendo 6,3% mayor en el CNM, presentando un 30% más de carga. A cargas similares entre los tratamientos el efecto del mejoramiento es mayor utilizando mayores cargas, siendo el aumento de la ganancia anual (kg/animal) de 18% y 33% para cargas menores y mayores respectivamente, estos valores se pueden observar tabla 4 (Benítez et al., 2004).

**Tabla No. 4**

*Efecto del mejoramiento en la ganancia de peso en función de la pastura y la carga*

Pasturas	Carga (Vaq/ha/año)	Ganancia anual	
		Kg/animal	%
CN	1,13	122	
CNM	1,15	144	18
CN	1,48	92	
CNM	1,53	123	33,6

*Nota.* Adaptado de Benítez et al. (2004).

En el experimento obtuvieron que la producción de carne en el tratamiento con fertilización fosfatada fue un 40% superior en comparación al campo natural. Cuando compararon a cargas similares, el incremento en la producción de carne fue de 30%.

Dichos autores indican que el aumento de carga sin afectar la ganancia animal redundó en un aumento del 36,8% de producción de carne por hectárea para el tratamiento mejorado.

Berretta et al. (2001) destacan que se logra una mayor producción de carne por unidad de superficie en el tratamiento fertilizado que se manejó con una carga de 1,2 UG/ha llegando a 400 kg a los dos años y medio de edad. En cuanto a las mayores ganancias de peso a lo largo del año, esta también fue mayor en el tratamiento fertilizado, pero manejando una carga igual a la del campo sin fertilizar de 0,9 UG/ha, llegando a 440 kg a los dos años y medio.

### 3.5 EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES LEGUMINOSAS

La base forrajera de la producción ganadera del país es el campo natural, la cual está caracterizada por presentar fuertes variaciones dentro y entre años en cuanto a calidad y cantidad de forraje producido. Dichas oscilaciones, por momentos no permiten cubrir los requerimientos animales, obteniendo así una pérdida de productividad (Scaglia, 1995).

Millot et al. (1987) destacan que el factor primordial que limita la expresión de las pasturas naturales del Uruguay es el nitrógeno, siendo este muy costoso y de escasa residualidad en el perfil. Por lo tanto, se recurre a la promoción de leguminosas naturales o a la introducción de leguminosas, ya que además de

contribuir a la producción de forraje, de forma indirecta incrementa la disponibilidad de nitrógeno a través de exudados de raíces, restos en descomposición y el nitrógeno fijado simbióticamente.

Jaurena et al. (2005) mencionan que la baja proporción de leguminosas del campo natural limita la productividad animal. Las leguminosas nativas son caracterizadas por la adaptación, calidad y capacidad de fijar nitrógeno, siendo esta última y la contribución de las mismas a la dieta de los rumiantes muy importante para el sistema. La introducción de leguminosas forrajeras foráneas inoculadas genera un aumento en la producción, pero un aspecto que limita esta tecnología es la baja adaptación de las mismas a las diferentes regiones del país.

Esta práctica no solo es capaz de lograrlo desde fines de otoño hasta comienzos de primavera, los cuales son considerados los meses más críticos, sino que el mayor volumen y la mejora en calidad (proteína y digestibilidad) se da durante todo el año (Gaggero & Risso, 1997; Olmos, 1994). En este sentido, según Olmos (1994) algunos mejoramientos realizan un gran aporte hacia fines de invierno, mientras que otros acompañan la curva estacional de producción que presenta el campo natural. Por esto, las especies elegidas deben ser las adecuadas para cada situación y requerirán una correcta planificación.

Ratificando lo último, Risso (1998) menciona que los suelos, fertilidad potencial, retención de humedad, entre otros, determina la especie que se adapta mejor para el mejoramiento, pero las tres que generalmente presentan mejor respuesta son el *Lotus corniculatus*, *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón, *Trifolium repens*. Además, Mas (1992) señala que, a mayor competencia y agresividad de las especies autóctonas del tapiz natural a mejorar, las posibilidades de que las leguminosas introducidas prosperen son menores.

Carámbula (2002) señala que, para lograr una producción eficiente de materia seca en sistemas intensivos, se requiere la fertilización nitrogenada utilizando las formas convencionales. Mientras que en sistemas extensivos la producción debe basarse en una baja utilización de insumos, y es por esto que las leguminosas pasan a jugar un rol importante en estos sistemas debido a la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, elevando la disponibilidad de nitrógeno.

Por lo tanto, la incorporación de leguminosas al campo natural ofrece la posibilidad de lograr destacadas producciones de materia seca a bajo costo y más rentables, modificar la distribución de forraje a lo largo del año y cubrir cierta deficiencia en algún momento del año, reafirmado por Risso (1994) y Ayala y Bendersky (2017). Además, Ayala y Bendersky (2017) agregan que esta es una tecnología de fácil adopción.

Carámbula (2002) destaca que las leguminosas son dadoras de N y ahorradoras de energía externa al sistema, mejorando la estructura y aportando una masa importante de residuos que activan a los microorganismos del suelo. No

obstante, estas presentan varias debilidades, como por ejemplo menor capacidad para competir por nutrientes y luz, mayor riesgo de meteorismo, plagas y enfermedades que las gramíneas y mayor necesidad de resiembra para mantener un stock adecuado.

Olmos (1994) destaca que la problemática productiva está dada por la cantidad y calidad de forraje durante el invierno, por lo tanto, mediante la promoción o introducción de especies con buen aporte otoño-invernal es posible levantar esta limitante, siendo esta una de las ventajas adjudicadas a la utilización de los mejoramientos.

### 3.5.1 Su relación con la fertilización fosfatada

Uno de los principales factores que determina el éxito de la implantación y persistencia de las especies introducidas es la fertilización fosfatada. Por ende, la dosis y estrategias de fertilización es determinante para que las especies introducidas logren altas producciones y una buena implantación (Mas et al., 1994b).

Según Zamalvide (1998) los bajos contenidos de P disponible en los suelos no permiten un correcto crecimiento de las pasturas, y principalmente el desarrollo de las leguminosas, por lo que el mantenimiento de estas especies es mediante fertilizaciones sistemáticas. En relación a esto, Berretta et al. (2001) destacan que la fertilización fosfatada es de suma importancia tanto a la hora del establecimiento y rendimiento del forraje, como también para asegurar la persistencia de las leguminosas introducidas y mantener un nivel productivo alto.

Carámbula (2003) menciona que las plántulas de las leguminosas demandan altas concentraciones de P para lograr un crecimiento rápido con una nodulación temprana. Dado esto, la utilización de fertilizantes rápidamente solubles favorece el desarrollo inicial redundando en una implantación rápida. Entonces, si se pretende una adecuada implantación es necesario utilizar muy altas dosis iniciales de fertilizante fosfatado.

Las dosis recomendadas por Berretta et al. (2001) son, como mínimo, de 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha a la siembra; las refertilizaciones anuales son dependientes de la especie, donde el género *Lotus* requiere 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y las demás especies requieren 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

Según Mas et al. (1994b) las altas fertilizaciones iniciales aseguran que para los años subsiguientes haya una buena producción de forraje. Además, agregan que las fertilizaciones anuales son dependientes de una buena implantación de las especies introducidas, aunque se ve una importante respuesta a las mismas. Como una conclusión de 6 años de estudios, estos autores encuentran que, a mayor fertilización en la implantación, mayor fue la producción total. En esta línea, Carámbula (2008) afirma que de forma forzada el mejoramiento de leguminosas

requiere que el P sea incluido en el suelo al momento de la siembra, viéndose reflejado en incrementos de MS, principalmente en los suelos sin historia de fertilización fosfatada.

### 3.5.2 Importancia de la fijación biológica de nitrógeno

Las leguminosas se asocian mediante el proceso de simbiosis con rizobios que son capaces de fijar el nitrógeno del aire mediante el proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno (FBN). Este proceso favorece mutuamente a las bacterias como a la planta, donde los rizobios reciben hidratos de carbono que le brinda la planta, y estas reciben nitrógeno necesario para crecer y desarrollarse, independizándose del N del suelo. Para lograr esta asociación es esencial la inoculación, la cual consiste en la aplicación de poblaciones de bacterias específicas a la semilla de cada leguminosa (Carámbula, 2003).

Según Stalder (1952), como se cita en Carámbula (2003), el número y la densidad de nódulos formados se ve afectado por el P. Según Carámbula (2003) los efectos de una mala nodulación afectan seriamente a todas las leguminosas tanto en la implantación como en la producción de forraje.

Bemhaja (1994) comenta que la fijación simbiótica mediante *Rhizobium*, es una fuente de ingreso de N de bajo costo. Carámbula (2003) señala que, debido a esta asociación, las leguminosas tienen la ventaja de prosperar aun en suelos deficitarios en N, siendo condiciones no favorables para las gramíneas, y al mismo tiempo generar aportes de este nutriente al suelo.

En las condiciones de nuestro país, se fijan aproximadamente 30 kg de N por cada tonelada de MS que producen las leguminosas (Solari, 2001). En este sentido, Díaz Rossello (1992) en un experimento que consiste en una rotación de cultivos y pasturas estimó que por cada kg de N por hectárea fijado se produce 25 kg MS, y sumado a lo anterior, Carvalho (1986), como se cita en Morón (1994), trabajando con leguminosas tropicales observó que por cada kg de N por hectárea fijado se produce 28-30 kg MS.

Carámbula (2003) indica que para el género *Lotus* existen dos grupos simbióticos que son antagónicos. Donde el *L. corniculatus* y *L. tenuis* pueden nodular con el género *Rhizobium*, y *L. pedunculatus* y *L. subbiflorus* nodulan con *Bradyrhizobium*; siendo la cepa de uno parásito del otro. Con esto, dicho autor recalca la importancia práctica de no utilizar en forma conjunta o en forma sucesiva las especies que nodulan con diferentes géneros. Si esto llegara a pasar se podrían esperar serios problemas en la implantación y posterior producción de forraje.

Carámbula (2003) expresa que los problemas de nodulación del trébol rojo son menores respecto al trébol blanco, relacionado esto a la eficiencia de la cepa y por la mayor población utilizada en la semilla del trébol rojo por su mayor tamaño.

### 3.5.3 En la producción primaria

Bemhaja y Berretta (1994) indican que el rendimiento del campo natural varía entre 2500 a 5000 kg MS/ha/año dependiendo de los tipos de suelo y condiciones meteorológicas entre años, encontrando en invierno las menores tasas de crecimiento en el entorno de 3 a 6 kg MS/ha/día.

El mejoramiento con introducción de leguminosas permite mayores rendimientos al compararla con pasturas fertilizadas con N, además, mejoran la utilización de recursos del medio ambiente (Millot et al., 1987).

En este sentido Berretta (1998) señala que el rendimiento invernal de una pastura mejorada puede llegar a ser hasta tres veces mayor a las pasturas naturales; además, dependiendo del tipo de suelo y de la vegetación, este aumento de rendimiento podría ser entre el 50 y 100%.

Trabajos realizados por Carámbula (1992a) sostienen que mejoramientos de campo natural con leguminosas y *Lolium multiflorum*, aun con distintos manejos efectuados en cuanto a los días de acumulación de forraje, presentan producciones considerablemente mayores a las del campo natural en el período otoño-invernal (marzo-agosto). Esta mayor producción es explicada por una mayor tasa de crecimiento diaria para todo el periodo, pero especialmente durante el otoño. A medida que avanzan los días cortos y fríos, se observa que los tratamientos mejorados tienden a parecerse al campo natural disminuyendo esas diferencias por la menor tasa de crecimiento. Esto indica que el mayor potencial de estos mejoramientos se ubica en estas estaciones.

En esta misma línea, Bemhaja (1998a) indica que la tasa de crecimiento diario estacional fue superlativamente mayor en el campo natural mejorado en comparación al campo natural como se puede observar en la tabla 5. A diferencia de Carámbula (1992a), Bemhaja (1998a) reporta que en el invierno es donde se produce el cambio más significativo en la tasa de crecimiento, explicado por el aporte del trébol blanco y el aumento en la producción de las gramíneas invernales nativas.

**Tabla No. 5**

*Tasa de crecimiento diario en kg MS/ha/día promedio de 3 años para el CNM y promedio de 15 años para CN*

	CNM	CN	% sobre CN
Otoño	23,7	10,9	117
Invierno	18,0	7,3	147
Primavera	31,0	14,8	109
Verano	31,0	17,2	80

*Nota.* Adaptado de Bemhaja (1998a).

Risso et al. (2002) trabajando en mejoramientos extensivos de la región del Cristalino observaron que el rendimiento anual de forraje en los mejoramientos fue muy superior (3100 kg MS/ha) a los campos naturales de la región. A su vez, comparando un mejoramiento de *Trifolium repens* y otro de *Lotus subbiflorus* cv. “El Rincón”, la producción fue 10% mayor en el primer mejoramiento. Estos autores destacan que esta diferencia se debe a una mayor producción del Trébol Blanco durante el invierno y verano, no presentando diferencias en otoño y primavera, como se puede observar en la tabla 6.

**Tabla No. 6**

*Producción estacional y total de forraje (kg MS/ha/año) para dos tipos de mejoramientos de campo en la región del cristalino*

Mejoramiento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Trébol Blanco	1577	1058	2705	2318	7658
Lotus cv. El Rincón	1554	899	2854	1872	7179

*Nota.* Adaptado de Risso et al. (2002).

Bemhaja (1998b) menciona que, en todos los casos con mejoramiento en un suelo de basalto, la producción supera al campo natural. Los valores promedios del CN fueron de 4,5 ton/ha/año, mientras que el CNM superó las 5 ton/ha/año.

Mas et al. (1994b) indica que, en valores absolutos, la respuesta en términos productivos en años favorables de los mejoramientos es superior respecto al campo natural. A su vez, Risso (1994) señala que ante la pérdida de las especies introducidas es poco probable que la productividad caiga por debajo de la productividad original, excepto en casos extremos de engramillamiento.

Por el contrario, Del Pino et al. (2021) señalan que no se encuentran diferencias significativas en la PPNA del campo natural en comparación a los tratamientos para ninguna de las estaciones como tampoco para la producción anual, donde los tratamientos son campo natural (CN), campo natural mejorado con *Lotus corniculatus* y 72 kg/ha de P (P1), y campo natural mejorado con la misma especie fertilizados con 144 kg/ha de P (P2), lográndose valores de 4429, 4629 y 4446 kg/ha de MS respectivamente. Además, observan una marcada estacionalidad en la producción de biomasa aérea presentándose baja producción en el período otoño-invernal y alta en el verano para los tratamientos.

Los niveles de 40 y 80 unidades de  $P_2O_5$ /ha anuales no presentan diferencias en lo que es la producción y calidad del forraje. Atribuyendo este resultado a la baja producción y persistencia de las leguminosas introducidas (Bemhaja, 1998b). Además, esta autora indica que el trébol rojo interfirió en el establecimiento de las leguminosas perennes desapareciendo al tercer año del mejoramiento.

#### 3.5.4 En la estructura y composición botánica

La gran mayoría de los suelos del país se da un predominio de gramíneas C4, no obstante, en la medida que se da un incremento en la disponibilidad de nitrógeno a causa del mejoramiento con leguminosas, se empiezan a dar cambios botánicos, que provocan incrementos graduales de gramíneas C3, reduciendo la estacionalidad y marcada carencia invernal (Carámbula, 1992b).

Bemhaja y Berretta (1994) y Berretta (1998) concuerdan que el efecto de la introducción de leguminosas acompañado de la fertilización a la siembra y refertilizaciones anuales con fósforo, junto con el manejo del pastoreo, lleva a un predominio de especies invernales destacando entre estas las perennes nativas de buena calidad, de tipo fino, siendo esto una muy buena alternativa para aumentar la producción de forraje anual, pero en particular la invernal. Según Bemhaja y Berretta (1994) esto se explica por la promoción de especies como *Stipa setigera*, *Andropogon ternatus*, *Aristida uruguayensis* y *Schizachyrium spicatum*.

En complemento, Berretta (1998) destaca que esto lleva a la vegetación a un nuevo equilibrio, pero con una calidad y rendimiento superior al que existía previo a dicho manejo mediante un proceso biótico lento.

Berretta (1998) constata que el aumento de especies de ciclo invernal (C3) se debe a especies como *Poa lanigera* y *Stipa setigera* que aportaron el 41,5% del recubrimiento del tapiz siendo el 63% el total de las invernales en el primer año del mejoramiento. Mientras que en el siguiente invierno la contribución pasó a ser de 78,5%, reafirmando lo mencionado por este autor.

Comparando la vegetación anterior y luego del mejoramiento, este autor observa que las especies encontradas son significativamente diferentes, por lo tanto,

la realización de un mejoramiento en conjunto con su manejo, llevan a un cambio cualitativo en la vegetación del tapiz.

Por otra parte, Jaurena et al. (2016) comentan que altas fertilizaciones pueden generar un desbalance en cuanto a la diversidad y riquezas de especies del campo natural debido a una predominancia de leguminosas sobre otros componentes del tapiz, asimismo esto puede incidir negativamente sobre la persistencia del mejoramiento, observándose una disminución de las leguminosas introducidas y un aumento de malezas. Este problema también puede estar explicado por un aumento de especies anuales como consecuencia de los efectos diferenciales del agregado de insumos.

En este sentido Tilman (1993), como se cita en Del Pino et al. (2021), observa que el enriquecimiento con N gracias a la fijación biológica afecta negativamente la diversidad vegetal del campo natural. Asimismo, Gurevitch y Padilla (2004), como se cita en Del Pino et al. (2021), comentan que, asociado a ese incremento en los niveles de N, frecuentemente se da una invasión de especies exóticas que desplazan a las nativas siendo una amenaza para la conservación de la biodiversidad.

Analizando las comunidades vegetales de un mejoramiento, Del Pino et al. (2021) observaron que la composición florística no difirió entre este y el campo natural testigo, además no observaron reemplazos de especies perennes por especies ruderales, tampoco constataron la presencia de *Cynodon dactylon* ni otra especie invasora, siendo dominantes en la cobertura las gramíneas perennes. En este sentido, Carámbula (1992a) no encontró diferencias en cuanto a las malezas presentes.

Por lo tanto, Del Pino et al. (2021) destacan que tanto la riqueza de especies como la diversidad de especies no se vieron afectadas por el mejoramiento del campo natural, siendo esto contrastante con los datos encontrados por Jaurena et al. (2016).

Bemhaja (1998b) en un experimento realizado a mediados de mayo 1995, analizando una mezcla compuesta por trébol blanco, trébol rojo y *Lotus corniculatus*, encuentra que el trébol rojo fue la especie que mejor se estableció y mayor contribución generó en el primer año de vida alcanzando una frecuencia de 48 a 51%, mientras que el trébol blanco y el Lotus presentaron una frecuencia muy baja. Destacando que el Lotus fue la única especie que persiste en el tercer año, con frecuencias muy variables. En cuanto a las gramíneas nativas, la contribución del primer año es del 31%, bajando en la segunda primavera a valores de 19% y en el tercer año toma un valor de 63% en la contribución. Además, los restos secos aumentaron a partir del tercer año debido al aumento de las gramíneas nativas en detrimento de las leguminosas sembradas, llegando a valores del 17%. En el caso

de las malezas la frecuencia no fue importante, observando que las malezas enanas sufrieron una disminución a partir del segundo año durante el período evaluado.

### 3.5.5 Calidad del forraje

Las leguminosas constituyen un componente invaluable de las pasturas debido a que presentan una calidad alimenticia excepcional en términos de proteína y minerales, acompañado de una alta digestibilidad, menor contenido fibra y una mayor relación hidrato de carbono solubles/hidratos de carbono insolubles (Carámbula, 2002).

En este sentido Millot et al. (1987) alude que las leguminosas introducidas generan importantes aportes de Ca, P y proteínas al forraje, que resulta en un aumento en el valor nutritivo de la dieta, además de mejorar la explotación del medio ambiente. En esta línea, Risso y Scavino (1978) señalan que la inclusión de leguminosas, además de otros beneficios, genera un aumento de la calidad del forraje.

Según los resultados obtenidos por Del Pino et al. (2021) los mejoramientos mantienen una residualidad que afecta la calidad y, por lo tanto, para la aptitud en la nutrición animal en pastoreo.

Scaglia (1995) en datos experimentales de la región del Este comparando mejoramiento con el campo natural, los valores que se encuentran respecto a la calidad del forraje disponible son relativamente bajos pareciéndose a los del campo natural para las estaciones de otoño e invierno como se puede observar en la tabla 7. Esa similitud se podría explicar debido a que al momento de las mediciones se encontraba mucho forraje acumulado. Aun así, señala que los resultados son de forraje disponible y no del que realmente cosecha, por lo tanto, mediante la selectividad animal se puede aumentar la calidad de la dieta. Estos datos concuerdan con datos presentados por Gaggero y Risso (1997) en mejoramientos de trébol blanco y Lotus en la zona de Cristalino.

**Tabla No. 7**

*Valor nutritivo del forraje disponible del campo natural y mejoramientos extensivos*

	Campo Natural				
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio
DMO (%)	40,1	41,7	45,7	43,1	42,6
PC (%)	9,7	9,4	10,9	8,7	9,7
FDA (%)	39,2	39,2	36,0	40,9	38,8
Campo natural mejorado. Carga 1,07 UG/HA					
DMO (%)	40,7	40,7	57,1	61,8	50,0
PC (%)	9,0	10,5	23,3	12,5	13,8
FDA (%)	49,9	48,4	35,6	39,1	43,3

*Nota.* Adaptado de Scaglia (1995). Abreviaturas: DMO= digestibilidad de la materia orgánica; PC= proteína cruda; FDA= fibra detergente ácida.

Scaglia (1995) afirma que en el período de primavera y verano la calidad es superior a la de otoño e invierno fundamentalmente por el aporte de leguminosas. Los mejoramientos en primavera ofrecen una cantidad de proteína degradable excesiva, sin tener en cuenta que mediante la selectividad se puede cosechar una dieta con una calidad mayor por parte de los animales.

Bemhaja (1998b) en un experimento encuentra que en todos los tratamientos los valores máximos de DMO, PC y los mínimos valores de FDA se dan en primavera. Además, resalta la mejora en una unidad de la PC en los tratamientos con 80 unidades de fósforo/ha.

Como se observa en la tabla 8, el valor nutritivo evaluado mediante DMO y PC es mayor en el caso de los mejoramientos al compararlo con el campo natural. A su vez, los valores difieren dependiendo de la especie leguminosa que se utilice en el mejoramiento (Risso, 1998).

**Tabla No. 8**

*Promedio anual del valor nutritivo (DMO Y PC) del campo natural y distintas leguminosas*

Cobertura	DMO (%)	PC (%)
Campo Natural	50,5	8,6
T. blanco cv. Zapican	62,2	14,1
Lotus cv. Ganador	59,1	16,8
Lotus cv. Maku	56	17
Lotus cv. El rincón	57,4	14,5

*Nota.* Adaptado de Risso (1998).

Carámbula (1992a) comenta que para periodos de corte cada 30, 60 y 90 días el campo natural presentó valores inferiores en cuanto a la digestibilidad del forraje de 48, 48 y 44,2% respectivamente en comparación al campo natural mejorado que presenta valores superiores de 68,9%.

Este autor menciona que con valores inferiores a 50% de digestibilidad, el consumo de MS se vería deprimido afectando el consumo de energía por los animales para cubrir sus requerimientos, siendo este el caso del campo natural. Valores inferiores se deben a que el campo natural presenta una elevada población de gramíneas estivales, en cambio el mejoramiento presenta altos valores debido a la mayor presencia de leguminosas.

Para el caso de la proteína cruda el mejoramiento presenta valores superiores (13,5%) al campo natural frente a los tres manejos (11; 10,7 y 8%), aun así, dicho autor comenta que con valores mayores a 7% se lograrían niveles moderados de producción por la selectividad que realizan los animales. Datos similares fueron encontrados por Bemhaja (1998b) donde el contenido de PC de los mejoramientos era el doble que el del CN, siendo 9%.

Respecto a la fibra cruda, Carámbula (1992a) encuentra valores menores a 29,5% para el caso del mejoramiento y para el campo natural se registran valores de 36,6; 39,1 y 42,5% para los distintos periodos de acumulación de forraje de 30, 60 y 90 días respectivamente.

### 3.5.6 Sobre el ambiente

Mediante la utilización de mejoramientos extensivos se buscan aumentos en la producción a través de la dinamización del tapiz natural, a su vez, esto permite

una mayor estabilidad en el tiempo y menos modificaciones en el ambiente en comparación a la utilización de praderas (Milot et al., 1987).

La introducción de especies en conjunto a la fertilización es una tecnología conservadora por el empleo de los insumos y en cuanto a las modificaciones de los recursos tanto suelo como la flora nativa (Risso, 1994). Asimismo, Carámbula (1992b) destaca que mediante la introducción de leguminosas se puede mermer el impacto de las condiciones ambientales, tanto climático, edáfico y de manejo, sobre las diferentes especies favoreciendo la persistencia del mejoramiento.

Risso (1994) menciona que para la introducción de leguminosas y fertilizaciones fosfatadas no existe un consenso en cuanto a la evolución de la composición de especies del CN a largo plazo, pero es aceptado que es más conservadora de la biodiversidad que la agricultura o pasturas sembradas. En este sentido Del Pino et al. (2021) analizando los servicios ecosistémicos no detectaron efectos del mejoramiento en cuanto a las propiedades del suelo, tampoco en la diversidad y composición de especies presentes en el tapiz.

Lüscher et al. (2014) menciona que un sistema de pastizales con introducción de leguminosas puede fijar N atmosférico evitando el costo energético directo relacionado con el agregado de dicho nutriente. Además, Ecoinvent Center (2010), como se cita en Lüscher et al. (2014), comenta que para producir un kg de N inorgánico se emite 2,25 kg de CO<sub>2</sub>, mientras que el proceso de fijación de N de las leguminosas utiliza el carbono proveniente de la fotosíntesis siendo un proceso neutral respecto a los gases de efecto invernadero.

Los mismos señalan que las pérdidas de N, como puede ser por lixiviación de NO<sub>3</sub> y emisiones de N<sub>2</sub>O, para los pastizales basados en leguminosas son menores que los pastizales fertilizados por 4 razones, las cuales son que la fijación de N se da dentro de los nódulos generando que no estén disponible libremente bajo forma reactiva; la fijación de N<sub>2</sub> se regula en base al crecimiento de la planta; en la mezcla equilibrada de gramíneas y leguminosas, las gramíneas toman N que proceden de las raíces de las leguminosas y del suelo; y la fertilización con N conduce a pérdidas de N<sub>2</sub>O.

### 3.5.7 En la producción secundaria

Jaurena et al. (2005) comentan que, dadas las carencias de leguminosas en las pasturas naturales, la inclusión de estas puede generar aumentos en la producción animal debido al aporte de nitrógeno al sistema y por su contribución a la dieta animal. Esto es ratificado por Risso (1997), que destaca que es una tecnología de alto impacto que dinamiza el proceso de engorde.

Blaser et al. (1969), como se cita en Milot et al. (1987), comentan que animales pastoreando mejoramientos de leguminosas presentan mayor consumo de

forraje debido a una mayor tasa de pasaje y mejor eficiencia de utilización de las proteínas y energía metabólica.

Risso (1997) analizando el comportamiento de terneros Hereford y cruza para su venta a los dos años y medio pastoreando únicamente campo natural sobre basalto y del este observa que para ambos casos la ganancia media anual fue solamente aceptable como se puede observar en la tabla 9, si bien los kg de carne/ha son superiores al promedio nacional se evidencia un potencial que está limitado de acuerdo con la cantidad y calidad del forraje producido.

**Tabla No. 9**

*Comportamiento estacional y promedio de novillos pastoreando campo natural en dos regiones*

Tratamiento	Ganancia media diaria (g/día)				
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio
Basalto: a 0,9 UG/ha	220	- 171	753	533	332
Este: rel 2:1 a 0,92 UG/ha	317	-316	846	274	280

*Nota.* Adaptado de Risso (1997).

Una de las posibles vías para poder levantar la limitante presentada anteriormente es mediante la introducción de leguminosas en conjunto con la fertilización fosfatada. Risso (1997) destaca que la información generada en diferentes regiones es coincidente en que estos mejoramientos logran una elevada productividad como se muestra en la tabla 10, alcanzando una ganancia media diaria anual superior a 450 gramos.

**Tabla No. 10**

*Comportamiento individual y producción total anual de mejoramientos de Trébol Blanco cv. Zapican y Lotus San Gabriel, en distintas regiones del país*

Región del mejoramiento	Dotación (UG/ha)	Ganancia (g/ha)	Producción (kg/ha)
Cristalino: Unidad San Gabriel - Guaycurú.	1,55	533	406
Basalto Medio.	1,85	680	485
Región Este: Unidad Alférez.	1,53	700	551

*Nota.* Adaptado de Risso (1997).

Carámbula (1992a) afirma que el objetivo de los mejoramientos extensivos es cubrir las principales deficiencias de los requerimientos animales que se dan en el campo natural entre marzo y agosto. Para lograr esto es necesario conocer el potencial genético de las especies introducidas, así como también, las condiciones de suelo y clima. Además, existe otra variable que determina el éxito total o parcial del mejoramiento en cuanto a la producción forrajera que es el manejo que se le impone a la pastura.

Scaglia (1995) en estudios realizados con animales pastoreando un mejoramiento extensivo de campo natural con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* experimentan ganancias medias diarias anuales de aproximadamente 700 g/día, mientras que los animales sobre campo natural experimentan ganancias promedio de 280 g/día con una marcada pérdida de peso durante el invierno. Este autor afirma que las mayores ganancias de peso observadas en los mejoramientos se registraron en primavera y verano asociado a una mejora en la calidad del forraje ofrecido, explicado fundamentalmente por el alto aporte que realizan las leguminosas introducidas en ese momento. Estos resultados son los mismos que encontraron Ayala y Carámbula (1995), donde las ganancias diarias presentan un valor de 713 g/día y 700 g/día con cargas de 1,07 y 1,22 UG/ha respectivamente.

En esta línea, Ayala y Carámbula (1995) trabajando en la región Este, destacan que las mayores diferencias en cuanto a la evolución de peso de los animales pastoreando mejoramientos con Trébol blanco Zapicán y Lotus Ganador en relación al campo natural se da durante el invierno, momento en donde en el campo natural se registran pérdidas de 20 kg/animal, mientras que sobre los mejoramientos es posible lograr ganancias moderada y/o próximas a mantenimiento.

Estos autores comentan que gracias a los datos favorables obtenidos para invierno con la utilización de mejoramientos sobre campo natural que evitan la pérdida de peso, se podría pensar en diferentes estrategias como altas ganancias para este periodo o mantenimiento que permitiría un aumento de la carga, permitiendo ésta última explorar un crecimiento compensatorio junto con las altas producciones de forraje que se genera en la primavera.

Amir y Stancov (2020) señalan que la carga soportada por el CN es menor respecto a los tratamientos de CNM y agregado de 60 y 120 kg N/ha, donde los valores son de 1,19, 1,39, 2,15 y 2,2 UG para el CN, CNM, N 60 y N 120 respectivamente. Se destaca que el CNM soporta de forma significativa una mayor carga que el CN pero una menor carga que los tratamientos fertilizados con N.

Respecto a la ganancia media diaria, según estos autores el mejoramiento presenta una superioridad significativa en cuanto al testigo, obteniéndose valores de 0,69 y 0,3 kg/día para CNM y CN respectivamente, pudiendo asociarse estas ganancias a distintos factores como la producción de forraje, la proporción de material verde disponible ofrecido y la composición botánica. En cambio, el CNM no presenta diferencia significativa en las ganancias diarias respecto a los tratamientos con agregado de 60 y 120 kg N/ha.

Por su parte, Garín et al. (1993) trabajando en un mejoramiento de campo natural con *Lotus corniculatus* encontraron que la ganancia media diaria de novillos Holando variaba según la oferta de forraje (OF). Cuando estos pastoreaban con una OF de 2,5% presentaban ganancias diarias de 0,490 kg/día, en cambio, cuando los animales se manejaron con OF mayores (5%, 7,5% y 10%) las ganancias pasaban a ser significativamente mayores, teniendo un promedio de 0,730 kg/día.

La productividad por hectárea fue mayor cuanto mayor era la carga, es decir, cuando la OF era menor. Este aumento en la productividad por hectárea se debe a que, en este caso, la tasa de incremento en la carga fue mayor a la tasa de disminución de la ganancia de peso por animal (Garín et al., 1993).

### 3.6 EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO.

Nabinger y De Faccio Carvalho (2009) comentan que para abordar la problemática forrajera se precisa una correcta conceptualización y comprensión de lo que resulta la interacción suelo-clima-planta-animal, y para ello recomiendan un modelo conceptual con el fin de comprender estas complejas relaciones. Generar este conocimiento acerca de la construcción del forraje y del proceso de cosecha animal en pastoreo serán útiles para comprender las relaciones causa-efecto que presenta la planta y los animales. Además, destacan que los atributos morfogénéticos de las plantas determinan la arquitectura, estructura y funcionamiento de las comunidades afectando la accesibilidad de los animales al forraje, generando interacciones competitivas entre especies e individuos de la

misma especie. Esto genera que a la hora del pastoreo las especies sean defoliadas diferencialmente a favor de unas y en detrimento de otras, generando cambios en la composición botánica afectando la calidad, cantidad y estacionalidad del forraje incidiendo en la producción secundaria. Es por esto que el manejo del pastoreo debe contemplar aspectos morfogénicos de las plantas, así como también del comportamiento ingestivo del animal.

Según Allen et al. (2011) el manejo del pastoreo es la “manipulación del pastoreo en la búsqueda de un objetivo específico o conjunto de objetivos” (p. 23). En este sentido, Millot et al. (1987) alude que “un buen manejo del pastoreo, será el que, asegurando un rebote rápido y continuo de la pastura, resulte en una alta utilización del forraje con buen comportamiento animal” (p. 54).

La defoliación selectiva es el mecanismo del pastoreo por parte de los animales en el cual crean heterogeneidad, tanto entre especies como dentro de plantas de la misma especie. Esto modifica el ambiente y la biomasa de las plantas afectando la competitividad de las mismas por los recursos (Rook & Tallowin, 2003). Sumado a lo anterior, Millot et al. (1987) complementan que el valor nutritivo de la dieta puede mejorar mediante el pastoreo selectivo, aunque éste, frente a una disminución en calidad puede limitar el tamaño de bocado y/o tasa de consumo.

Galli et al. (1996) destacan que el factor principal para la productividad animal es la cantidad de alimento consumido. Esto en gran medida depende de la cantidad y calidad del forraje producido, capacidad del animal para cosechar y utilizarlo eficientemente, y de la capacidad del productor para manejar los recursos disponibles.

Debido a las características de heterogeneidad de las pasturas naturales de nuestro país, los animales causan cierta presión de pastoreo sobre aquellas especies más apetecidas, pudiendo generar una reducción de estas, favoreciendo las especies de peor calidad que son menos preferidas (Millot et al., 1987). En este aspecto, Boggiano et al. (2005) comentan que desconocer o aplicar incorrectamente las variables que inciden en el pastoreo lleva a la sobrevivencia de especies menos productivas en consecuencia de una disminución de las especies más valiosas, provocando una disminución en la producción de forraje, y por lo tanto, en la producción secundaria.

### 3.6.1 En la producción primaria

Zanoniani et al. (2004) comentan que la productividad de la pastura se ve fuertemente influenciada por el manejo del pastoreo, esto no solo determina la cantidad de forraje cosechado, sino que también condiciona la capacidad de competencia y sobrevivencia de las plantas. Estos autores trabajando en pasturas sembradas con vacas lecheras encontraron que, manejando el pastoreo en base a la altura de forraje como criterio de ingreso de los animales, la producción de forraje

se incrementó en el 87,5% de los casos, registrando un incremento de 30% la producción otoño-invernal como consecuencia de modificar el tiempo de rebrote. En esta misma línea pero para campo natural de la región de Basalto, Millot y Saldanha (1998) observan que al variar la frecuencia de pastoreo con intervalos desde 20 hasta 80 días se da un cambio tanto en la tasa de crecimiento del forraje como en la distribución estacional. Por lo tanto, el manejo del pastoreo también es capaz de modificar la estacionalidad de la producción.

Altesor, Piñeiro et al. (2005) presentan evidencias que el pastoreo puede modificar la PPNA, y según Altesor, Oesterheld et al. (2005) se genera un aumento de 51% en la PPNA bajo pastoreo en comparación a tratamientos en ausencia del mismo. Además, agregan que la PPNA se puede ver modificada debido al efecto que tendrían los cambios estructurales refiriéndose a esto como la composición de especies, tipos funcionales y distribución vertical, a causa de la promoción que realiza el pastoreo sobre los niveles de recursos como lo son el agua, nutrientes y luz.

La densidad de la pastura, la altura y la relación hoja/tallo inciden sobre el consumo animal. Según la composición del tapiz y la distribución del forraje, el efectuar un correcto manejo será el factor decisivo para lograr altos niveles de productividad, tanto de la producción primaria como secundaria (Millot et al., 1987).

En base a lo mencionado anteriormente, Ayala y Bermúdez (2005) concluyen que tanto el estado y estructura de la pastura al momento del pastoreo, como también la frecuencia e intensidad, tienen una gran influencia en la cantidad y calidad de forraje producido en el corto y largo plazo, así como también en la composición botánica de la pastura, repercutiendo en la producción forrajera. Reafirmando esto, Nabinger et al. (2006) agregan que es necesario conocer una adecuada combinación entre intensidad y frecuencia de defoliación para evitar un deterioro en la pastura y provocar una adecuada productividad.

### 3.6.2 Intensidad y frecuencia de pastoreo

Mediante el manejo de la intensidad, definido como el forraje remanente post pastoreo, se determina la cantidad de forraje cosechado al momento del pastoreo, el crecimiento de forraje subsiguiente y la calidad del forraje remanente, y por lo tanto, la producción total. Una mayor intensidad impacta positivamente sobre la cosecha de forraje, pero afecta negativamente el crecimiento futuro, siendo dicha intensidad determinada por las especies predominantes en el tapiz (Carámbula, 1996).

Berretta (2003) comenta que al generarse un desbalance entre la carga y la producción potencial de la pastura se puede dar una baja producción animal, y una degradación del tapiz vegetal por sobrepastoreo o un endurecimiento y

ensuciamiento por subpastoreo. Para el caso de un mejoramiento, puede producirse la pérdida de la especie introducida por una alta carga.

Ayala y Bermúdez (2005) para suelos de lomadas de la región Este destacan que mediante pastoreos intensos (remanente de 2,5 cm), recomendado para la estación invernal, se da un mayor aprovechamiento del forraje producido, principalmente en los estratos más bajos. Asimismo, pastoreos más frecuentes e intensos producen menos forraje, pero de mejor calidad y provocan mayores cambios en la composición florística de la pastura, favoreciendo a malezas enanas y especies de porte decumbente o rastrero. Por otro lado, los pastoreos menos frecuentes favorecen a las especies perennes más productivas de porte erecto, incrementando la diversidad, pudiéndose dar un detrimento de calidad en el caso de manejos aliviados.

En este sentido, Zanoniani (2009) comenta que el sobrepastoreo durante la estación invernal ha llevado, por efectos sucesivos y acumulativos, a pasturas predominantemente primavero-estivo-otoñal. Según Carámbula (1996), esto se debe a una disminución y/o desaparición de especies invernales que son más apetecidas por el ganado.

Ayala y Bermúdez (2005) afirman que dotaciones de 1,07 UG/ha/año consideradas altas no serían sustentables en el largo plazo, dotaciones de 0,75 UG/ha/año o inferiores no son capaces de maximizar la productividad, mientras que dotaciones de 0,92 UG/ha/año resultaron las más adecuadas. Del mismo modo, Berretta (2003) refiere a valores de cargas óptimas entre 0,5 a 0,85 UG/ha para los distintos tipos de campos, pudiendo alcanzar cargas de 1,5 a 2 UG/ha en el caso de mejoramientos.

En cuanto a la frecuencia, definida por Carámbula (1996) como el número de pastoreos o cortes, y esto depende de la especie o composición de la pastura junto con la época del año en que se realiza el pastoreo. Estos componentes determinan el periodo de crecimiento o velocidad de las pasturas para alcanzar un volumen o índice de área foliar (IAF) óptimo, determinando así la longitud entre pastoreos. En tal sentido, Boggiano et al. (2005) destacan que, utilizando frecuencias diferenciales entre pastoreos, generó productividades similares a las logradas por pasturas sembradas en suelos de la formación Fray Bentos.

Este último comenta que no se encontraron grandes diferencias sobre la producción total de forraje utilizando desde 40 a 80 días de descanso, siendo los más prolongados los que promovieron una mayor producción invernal sin afectar la calidad. La utilización de periodos de descanso permite el refinamiento de los campos, favoreciendo el aumento en la frecuencia de los pastos cespitosos finos, como por ejemplo *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum* y *Stipa setigera*, desplazando a las especies postradas, malezas enanas y especies no palatables.

En cuanto a esto, Boggiano et al. (2005) sugieren utilizar frecuencias diferenciales de 40 días de descanso entre pastoreos para primavera y verano, y 60 días en invierno. El cambio de la composición botánica permite pasar de 70 kg/ha de carne equivalente para pasturas degradadas a 150 kg/ha luego de recuperar el tapiz y alcanzar esta mayor producción por manejos menos frecuentes.

### 3.6.3 En la composición botánica

Según Berretta (2003) el principal factor que determina la composición botánica es la carga utilizada, lo que conlleva que la misma debe ser adecuada junto con determinados períodos de alivio para adaptarse a la producción potencial del campo. El manejo adecuado de estos factores lleva a mantener una vegetación productiva y vigorosa.

Altesor et al. (1998) señalan que en campos de Uruguay ocurre un aumento de la riqueza de especies, principalmente las gramíneas de crecimiento postrado y las hierbas nativas no palatables. En este aspecto, en un estudio de composición florística y diversidad en Palleros, Cerro Largo, luego de 55 años de pastoreo ininterrumpido se observó un aumento significativo en la riqueza de especies en detrimento de la calidad forrajera. Donde el 79% de las especies relevadas en 1935 por Gallinal et al. (1938) pertenecen a la familia Poaceae, y según Altesor et al. (1998) en 1990 las mismas corresponden al 48% de las especies registradas observando un incremento de especies con cierto mecanismo o forma de crecimiento para evadir el pastoreo, siendo esto sostenido por Millot et al. (1987).

Por otra parte, Boggiano et al. (2005) comentan que, si bien los descansos prolongados tienen un efecto positivo en las especies cespitosas mejorando la productividad del campo natural, también pueden provocar un aumento de gramíneas de alto porte y malezas de campo sucio que son rechazadas a la hora del pastoreo. Siguiendo con esto, afirman que las leguminosas y las malezas son las más afectadas en el cambio del manejo de pastoreo, donde al pasar de un manejo continuo a rotativo las leguminosas en un bajo de la formación Fray Bentos pueden llegar a aumentar en un valor de 400%, mientras que las malezas se ven deprimidas.

## 3.7 EFECTO DEL CONTROL DE LA OFERTA DE FORRAJE.

Heitschmidt y Taylor (1991), como se cita en Soca et al. (2013), comentan que el pastoreo es una de las principales herramientas de manejo que permiten transformar la energía solar en producto animal. En este sentido, la carga animal es de las medidas vinculadas al manejo del pastoreo con mayor relevancia, teniendo implicancia en la oferta de forraje e intensidad de pastoreo y regulando el flujo de energía en los ecosistemas pastoriles.

La principal herramienta para controlar la intensidad de pastoreo es el control de la oferta o asignación de forraje, definidas como los kg de MS cada 100

kg de PV (Soca et al., 2013). Referido a esto, Maraschin et al. (1997) destacan que el control de la oferta permite incrementar la productividad del forraje y como consecuencia la productividad animal, donde la ganancia media diaria y la ganancia por unidad de superficie están fuertemente determinadas por la misma.

Una excesiva utilización de las pasturas debido a altas intensidades de pastoreo, ha llevado a una pérdida de cobertura vegetal, invasión de especies indeseables, erosión del suelo e impacto ambiental. Esto deja en evidencia la importancia central que tiene el correcto manejo de la carga sobre el funcionamiento del sistema, la cual depende de la disponibilidad de forraje, repercutiendo en la dinámica de la vegetación (Nabinger et al., 2006).

Nabinger et al. (2006) comentan que el ajuste de la carga animal con la disponibilidad de forraje es fundamental para poder realizar una correcta asignación de forraje y lograr los consumos que el animal requiere. Para lograr esto, el animal debe cosechar el forraje, y por lo tanto, este consumo se verá afectado por la estructura del disponible. Así, los forrajes muy bajos aun con grandes superficies pueden generar que el animal esté toda la jornada pastoreando sin poder cosechar una cantidad que satisfaga sus requerimientos, viéndose afectado el tamaño de bocado. A medida que aumenta la disponibilidad por área y por animal, este último comienza a no tener limitaciones de bocado pudiendo seleccionar su dieta, aumentando el rendimiento individual. Siendo esto reafirmado por Millot et al. (1987) agregando que frente a una disminución del disponible el animal aumenta el tiempo de pastoreo a modo de mantener el consumo.

Nabinger et al. (2006) comentan que el consumo máximo se alcanza cuando el animal tiene a disposición cuatro a cinco veces más de lo que este puede consumir, en donde logra la máxima posibilidad de selección y no hay limitantes físicas de consumo. Por lo tanto, este consumo sin restricciones se podría lograr con asignaciones de 10 a 13% de su peso vivo. Datos similares fueron encontrados por Hodgson (1984) donde el consumo se maximiza con disponibilidades tres o cuatro veces superiores del volumen a consumir.

En campos nativos estivales del sur de Brasil, Maraschin et al. (1997) encuentran que en el periodo de crecimiento hay una respuesta cuadrática en relación a la oferta de forraje y la productividad. Para la menor oferta, de 4 kg MS/100 kg de PV la productividad es mínima, incrementándose con ofertas de hasta 8 y 12 kg MS/100 kg de PV, para luego disminuir con ofertas de 16 kg MS/100 kg de PV como se observa en la tabla 11.

**Tabla No. 11**

*Respuesta media de la pastura a la variación en la oferta de forraje como % del PV*

Oferta (Kg MS /100 kg de PV)	4 %	8 %	12 %	16 %
Producción (kg MS/ha)	2705,0	3488,2	3723,6	3393,0
Remanente (kg MS/ha)	582,6	996,6	1424,4	1900,0
Carga (Kg PV/ha/día)	572,0	351,6	285,8	275,6

*Nota.* Adaptado de Maraschin et al. (1997).

Este comportamiento se relaciona directamente con la eficiencia de conversión de la energía para cada oferta, reflejada en la radiación que se intercepta, donde con niveles altos de oferta se alarga el tiempo de sombreado y en cambio para ofertas bajas se encuentra una reducción en la radiación interceptada por una menor cobertura del tapiz (Maraschin et al., 1997).

En relación con esto, Fernández et al. (2022) comentan que la absorción de radiación fotosintéticamente activa (PAR) es afectada por la intensidad de pastoreo, siendo reafirmado esto por Boggiano et al. (2011). Estos últimos en un trabajo donde se evaluó el porcentaje de PAR absorbido en función de los días de descanso post pastoreo de tres OF distintas (4, 9 y 14%), observaron que en todas las OF se dio un aumento de la PAR absorbida a medida que aumentaban los días post pastoreo, pero dicho aumento se dio de forma diferencial en cada OF utilizada. En la OF más baja de 4%, o sea de mayor intensidad de pastoreo, la pastura se recupera más lento respecto a las OF de 9 y 14%, donde éstas últimas comienzan el rebrote con un mayor porcentaje de PAR absorbido. Concluyendo que a menores OF se produce una mayor pérdida de PAR absorbido limitando la producción del forraje.

### 3.7.1 En la producción primaria

Moojen y Maraschin (2002) expresan que existe una relación lineal entre los kg MS/ha y la oferta de forraje, por lo que un aumento en la oferta condujo a situaciones de mayores kg MS/ha. Por otro lado, con aumentos en la oferta de forraje se dio un aumento en la tasa de acumulación de MS explicado por una regresión de tipo cuadrática, donde superado el máximo de 12% de OF se da una reducción en la tasa de acumulación de MS.

En este sentido Escosteguy (1990), como se cita en Moojen y Maraschin (2002), en los campos naturales de Brasil trabajando con ofertas de 3 a 12%, registra que la mayor tasa de acumulación de MS se da con ofertas de 12%, y trabajando

con ofertas de 4 a 16% observó los mejores resultados con ofertas de entre 8 a 12%, datos que se pueden observar en el cuadro 12.

**Tabla No. 12**

*Variación del remanente y tasa de acumulación en función de la oferta de forraje*

Oferta de forraje	4	8	12	16
Remanente (kg MS/ha)	486	847	1421	1785
Tasa de acumulación (kg MS/ha/día)	15,3	21,5	24,4	21,3

*Nota.* Adaptado de Escosteguy (1990) como se cita en Moojen y Maraschin (2002).

En lo que respecta a la relación entre la producción de MS y la oferta de forraje, Moojen y Maraschin (2002) observaron una relación de tipo cuadrática, lo que parece ser lógico ya que la producción de forraje es una expresión de la tasa de acumulación de MS en determinado tiempo.

Do Carmo et al. (2013) comentan que la estación del año, las lluvias y la oferta de forraje afectaron la producción de forraje en el experimento realizado en Bañado de Medina, Cerro Largo. Altas ofertas de forraje generan como resultado una mayor producción de MS y una menor tasa de caída de la producción frente a un déficit hídrico. A pesar de las lluvias que ocurrieron durante las estaciones de crecimiento teniendo alto impacto sobre la producción de MS, comentan que el control de la oferta de forraje genera una diferencia relativa de 2,6 kg MS/ha/día, generando 950 kg MS/ha/año de diferencia entre tratamientos de alta oferta y bajo oferta para el periodo de estudio. A continuación, en la tabla 13 se muestra la distribución estacional de la oferta de forraje para los distintos tratamientos.

**Tabla No. 13**

*Distribución estacional de la oferta de forraje (kg MS/100 kg PV/día)*

Oferta de forraje	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Alta (AO)	12,5	7,5	10	10
Baja (BO)	7,5	7,5	5	5

*Nota.* Adaptado de Do Carmo et al. (2013).

En esta misma línea, Do Carmo et al. (2013) destacan que la carga no se vio afectada por la oferta de forraje siendo de 492 kg PV/ha para baja oferta y 486 kg PV/ha para alta oferta de forraje, explicado por una mayor producción de forraje en AO. Por lo contrario, Moojen y Maraschin (2002) en campos del sur de Brasil aseveran que para tener una mayor oferta se debe reducir la carga.

Berretta et al. (2001) comenta que, en vista de la alta variabilidad en la producción estacional y anual de forraje, ofertas relativamente bajas durante períodos de tiempo extensos, tienden a generar debilitamiento de plantas por el efecto del pastoreo, volviéndolas más susceptibles a fenómenos climáticos adversos. A efectos de esto, este impacto afectará la productividad.

Boggiano et al. (2005) analizando la respuesta del campo natural a manejos con crecientes niveles de intervención afirman que la respuesta a la intensidad de pastoreo es variable según el nivel de N agregado. En un ambiente pobre de N (dosis bajas) al aumentar la oferta se da un aumento en la producción invernal, esto se debe a que en dicho ambiente a causa de un menor ritmo fotosintético la reposición de las estructuras removidas es más lenta. Por otro lado, con dosis altas de N la producción forrajera se ve incrementada al reducir la oferta, es decir aumentando la intensidad, ya que según Lemaire (1997) la tasa de crecimiento y la reposición de área foliar se da a una mayor velocidad reduciendo el inicio del sombreado.

Boggiano et al. (2005) constatan un incremento de 30% en la productividad forrajera cuando se utilizan ofertas de 8%, consideradas intermedias, en combinación con fertilizaciones de 50 kg N/ha en el otoño, además de una mejora en la calidad de forraje gracias a que se logran relaciones de especies invernales/estivales cercanas a 1. Estos autores observaron producciones superiores a 8000 kg MS/ha con ofertas de forraje de 10% del PV y fertilizaciones de 150 kg N/ha.

### 3.7.2 Cambios en la estructura y composición botánica

Dado los efectos que presenta el pastoreo en el tapiz vegetal natural, Boldrini et al. (1993) realizaron un experimento durante cinco años en la Depresión Central, de Rio Grande do Sul, donde evaluaron la oferta de forraje (4; 8; 12; 16 kg MS/100 kg PV) y su efecto sobre la vegetación. Los resultados obtenidos muestran que en pastoreos menos intensos (16% PV) las especies de porte erecto mostraron ventajas reduciéndose la proporción en cobertura de especies postradas como *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*. Especies como *Andropogon lateralis*, *Aristida filifolia*, *Paspalum plicatulum* y *Desmodium incanum* se beneficiaron por ofertas intermedias. En cambio, para pastoreos más intensos (4% OF), especies como *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* por su estrategia de escape al pastoreo aumentan su frecuencia.

En este sentido Nabinger et al. (2006) comenta que con ofertas de 12 y 16% se genera una estructura de mosaico, siendo esta más evidente que en tratamientos con 8% de oferta ya que en cierta medida la frecuencia relativa de *Paspalum notatum* (especie rizomatosa) que presenta mecanismos para evadir el pastoreo se vio promovida debido a algún grado de sobrepastoreo. Lo opuesto ocurre a ofertas de 12% donde se genera un doble estrato equilibrado que permite la sobrevivencia de especies leguminosas ya que son protegidas por plantas

cespitosas, viéndose incrementado el índice de diversidad. Para el caso de 16% de oferta estos autores destacan que las matas eran quienes dominaban la vegetación, causado probablemente por un exceso de sombra provocado por *Andropogon lateralis* y *Aristida laevis*. Por lo tanto, el nivel de oferta de forraje además de afectar la producción primaria y secundaria, también genera impacto en la diversidad y riqueza florística. Estos datos son concordantes con los encontrados por Boldrini et al. (1993).

A su vez, Boggiano et al. (2005) destacan que con altos niveles de N y bajas ofertas de forraje se da un aumento en la contribución de las gramíneas invernales, mientras que cuando no se agrega N estas especies se ven incrementadas por aumentos en los niveles de oferta en otoño-invierno. Encontrando que la contribución de las gramíneas invernales supera en más de 3 veces al aporte de las gramíneas estivales, impactando también fuertemente en la calidad.

### 3.7.3 En la calidad del forraje.

Referido a la calidad del forraje, Moojen y Maraschin (2002) constatan que la regresión lineal es el modelo que mejor ajuste presenta al relacionar la digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) del campo natural y las diferentes ofertas de forraje, donde al aumentar esta última ocurre una reducción en la DIVMO. Hacker y Minson (1981) comentan que este efecto se debe al avance en el estado de desarrollo de las plantas sufriendo un aumento en el contenido de la pared celular y la lignificación de los tejidos, generando según Moojen y Maraschin (2002) un aumento en el porcentaje de materia muerta en el forraje disponible, siendo esto más evidente desde principios de otoño hasta fines de invierno.

El contenido de PC y DIVMO presentan disminuciones frente al aumento en el residuo o aumento en la oferta de forraje (Escosteguy, 1990 como se cita en Moojen & Maraschin, 2002), dichos valores se pueden observar en la tabla 14.

**Tabla No. 14**

*Variación del remanente y proteína cruda en función de la oferta de forraje*

Oferta de forraje (%)	4 %	8 %	12 %	16 %
Remanente (kg MS/ha)	486	847	1421	1785
PC (%)	7,8	6,7	5,7	5,5

*Nota.* Adaptado de Escosteguy (1990) como se cita en Moojen y Maraschin (2002).

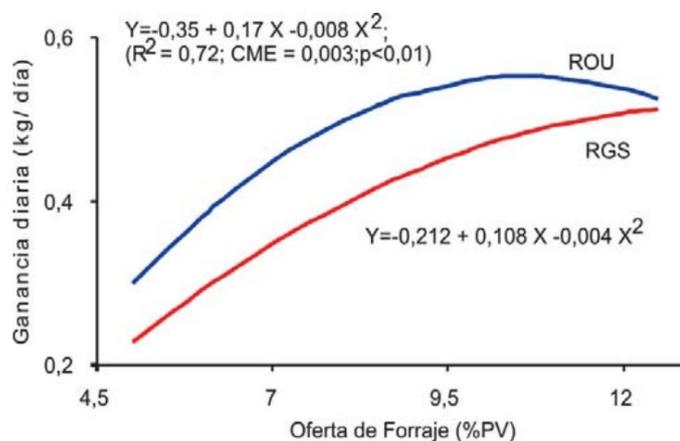
### 3.7.4 En la producción secundaria.

Según Do Carmo et al. (2013) el resultado físico y económico de los sistemas ganaderos pastoriles es afectado principalmente por la carga animal, quien opera a través de la oferta de forraje.

En un experimento de tres años sobre campo natural Soca et al. (1993) como se cita en Do Carmo et al. (2013) observan que la ganancia animal y por unidad de superficie se optimiza con ofertas de forraje de 7,5 y 10% de PV, datos que se pueden ver en la figura 1. A su vez, modificaciones en la oferta de forraje durante el año es de suma importancia para poder generar variaciones en la ganancia diaria de los animales. Datos similares fueron encontrados por Nabinger et al. (2000) en pastizales nativos del sur de Brasil, donde la producción animal se maximiza con asignaciones entre 11 y 13 kg MS cada 100 kg de PV.

**Figura No. 1**

*Relación entre oferta de forraje promedio anual y ganancia diaria de peso de novillos pastoreando campo natural de Uruguay (ROU) y Río Grande do Sul (RGS), Brasil*



*Nota.* Tomado de Do Carmo et al. (2013).

Continuando con esto, Nabinger et al. (2000) registran que la modificación de la oferta de forraje de 4% a 12% logró mejoras en la producción forrajera entre

11 y 16 kg MS/ha/día obteniendo un aumento en la producción secundaria de 78 a 145 kg de carne/ha/año.

Para un ecosistema pastoril criador, Do Carmo et al. (2013) señala que realizar cambios en la oferta de forraje permite mejorar la captación, uso y conversión de la energía solar en producto secundario. Por lo que utilizar alta oferta de forraje permite mejoras sustanciales sobre la producción física por unidad de superficie y mejoras respecto a la eficiencia biológica del sistema, reflejándose en la condición corporal de las vacas al parto e inicio de entore, porcentaje de preñez temprana y global, y aumento en el peso al destete de terneros. Dichos resultados se explican por un menor costo energético cuando pastorean y mejor consumo de energía, lo que repercute en la eficiencia global del uso de la energía del sistema criador.

Nabinger et al. (2006) estudiando variables relacionadas al forraje, como tasa de acumulación de MS/ha/día y disponibilidad de MS/ha, y relacionadas a los animales como GMD y ganancia/ha encuentran que prácticamente todas presentan un rango óptimo en el entorno al 12% de oferta de forraje. Viendo que esta promueve una mayor producción primaria y secundaria, y además, una mayor diversidad y riqueza florística.

En cuanto a la ganancia media diaria, Moojen y Maraschin (2002) registraron que presenta una regresión de tipo cuadrática, siendo máxima (0,540 kg/día) con ofertas de 13,4%. Para el caso de la carga, expresada como animales/día/ha, esta se relaciona con la OF mediante una regresión lineal, registrando que a medida que se incrementa la OF hay una reducción en la carga animal. En lo que respecta a la ganancia/ha encontraron que la regresión cuadrática es la que presenta mejor ajuste, donde con ofertas de 11,8% fue donde se logra la ganancia máxima por hectárea de 185 kg.

#### 4. HIPÓTESIS

Tanto la introducción de especies leguminosas como la fertilización nitrogenada sobre campo natural impactará sobre la composición del tapiz vegetal promoviendo especies de mayor valor forrajero, lo que permitiría incrementar la producción y calidad de forraje, redundando en aumentos en la producción de carne por unidad de superficie a igual oferta.

En los tratamientos nitrogenados se verá favorecido el *Lolium multiflorum*, ocupando una mayor proporción respecto a los tratamientos sin agregado de nitrógeno. Esto generará un efecto negativo en la composición de especies presentes, resultando en una disminución de especies perennes nativas y a su vez en una promoción de malezas invasoras, acentuándose esto a mayores dosis utilizadas.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

#### 5.1.1. Localización del sitio experimental y período de evaluación

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Universidad de la República, ubicada en el departamento de Paysandú, más precisamente en el kilómetro 363 de la ruta número 3 General José Gervasio Artigas. Dentro de la Estación Experimental, este estudio se realiza en el potrero 18 (32° 23' 57" latitud Sur y 58° 2' 42" longitud Oeste).

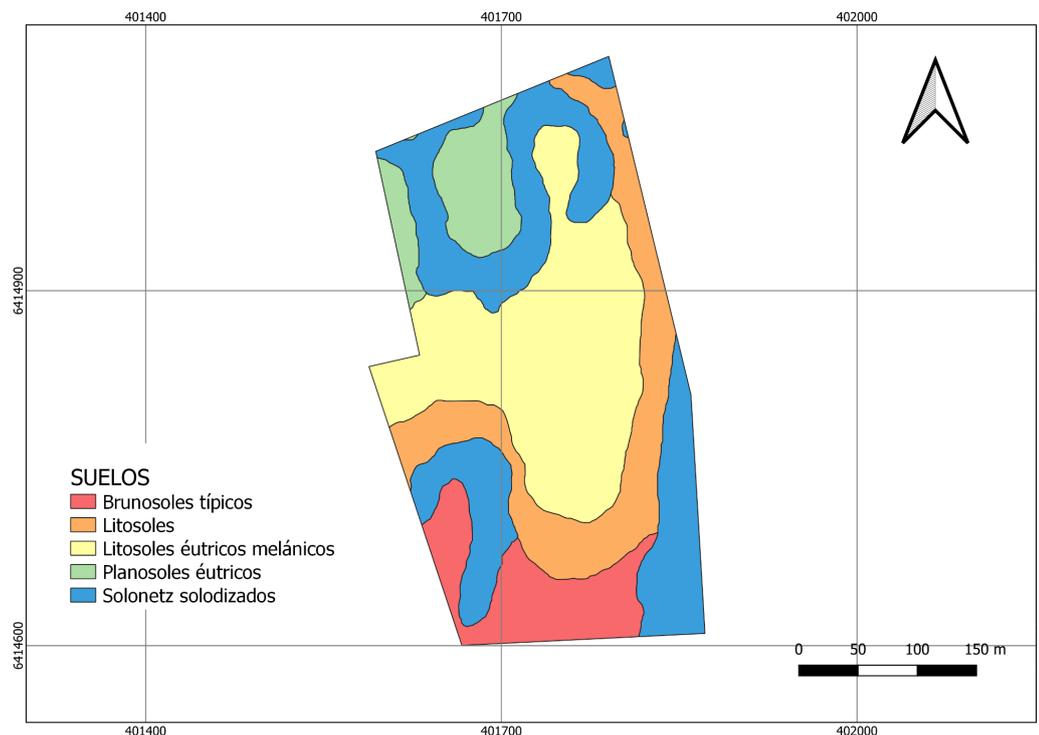
El periodo de evaluación abarca aproximadamente 2 estaciones correspondientes a otoño e invierno, dando inicio el 9 de mayo de 2022 y finalizando el 30 de septiembre de 2022, comprendiendo aproximadamente 5 meses. Para el análisis de la producción primaria el otoño se tomó desde el 28/05/2022 hasta el 01/08/2022, y el invierno desde el 02/08/2022 al 30/09/2022. Mientras que para la producción secundaria el otoño se tomó desde el 01/04/2022 momento en que se determina el peso vivo inicial, hasta el 20/07/2022, y el invierno desde el 21/07/2022 al 15/09/2022. Existiendo un desfase de duración de cada estación, lo que condiciona el análisis de ciertas variables de producción primaria y secundaria.

#### 5.1.2. Caracterización del sitio experimental

##### 5.1.2.1. Suelos

Según la Carta de reconocimientos de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976), el sitio bajo estudio se sitúa sobre suelos pertenecientes a la Unidad San Manuel. Como suelos dominantes se destacan los Brunosoles Éutricos típicos, asociados a Brunosoles Éutricos Lúvicos y Solonetz, y como accesorios Litosoles Éutricos Melánicos y Planosoles Éutricos Melánicos, desarrollados sobre Lodolitas de la formación Fray Bentos (Bossi, 1969). La pendiente se caracteriza por ser moderada y presenta lomadas suaves (Durán, 1985). Ingresando el número de padrón del predio bajo estudio en el visor de la Comisión Nacional de Estudio Agronómico de la Tierra (Dirección Nacional de Recursos Generales [DNRG], s.f.) estos suelos se clasifican como 11,3 y presentan un índice de productividad de 149.

**Figura No. 2**  
**Mapa de suelos presentes en el área experimental**



#### 5.1.2.2. Vegetación

El área bajo estudio se caracteriza como campo virgen dado a las características brindadas por Rosengurtt (1979), con vegetación de parque, caracterizados estructuralmente en 3 estratos bien definidos.

El estrato superior se encuentra conformado por especies arbóreas características de monte parque como *Acacia caven* (espinillo) y *Prosopis affinis* (algarrobo o ñandubay), asociado a este estrato también se encuentra *Gleditsia triacanthos* (acacia blanca).

En el estrato medio, se destaca la presencia especies arbustivas y subarbustivas caracterizadas como malezas de campo sucio, como por ejemplo, *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis trimera*, *Eupatorium buniifolium*, *Eryngium horridum*, *Sida rhombifolia* y *Sida spinosa*. Además de estas, se encuentran los renuevos posteriores a la tala de las especies arbóreas presentes en el estrato superior.

Por último, en el estrato inferior se observa la presencia de vegetación herbácea conformada principalmente por especies gramíneas, dentro de las estivales se encuentran *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Paspalum quadrifarium*, *Bothriochloa laguroides*, *Coelorhachis selloana*, *Setaria geniculata* y *Setaria vaginata*. En cuanto a las invernales se

observó la presencia de *Lolium multiflorum*, *Stipa setigera*, *Bromus auleticus*, *Piptochaetium spp.*, entre otras. Asociado a este estrato también se da la presencia de especies de la familia Cyperaceae y Juncaceae. A su vez, existe una asociación con especies leguminosas como *Adesmia bicolor*, *Desmodium incanum*, y *Medicago lupulina*. Otro grupo que se puede observar dentro de este estrato son las hierbas enanas o menores como son *Dichondra microcalyx*, *Bowlesia incana*, *Stellaria media*, *Oxalis spp*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chaptalia piloselloides* entre otras.

#### 5.1.2.3. Antecedentes del potrero

Debido a que el área bajo estudio se encuentra dentro de una estación experimental se han realizado múltiples investigaciones. En este sentido, Zanoniani (2009) destaca que la zona ha sido destinada a la ganadería vacuna por más de 20 años.

El área experimental que comprende desde el bloque 1 al bloque 4, siempre fue manejada con pastoreo homogéneo, hasta que en julio del 2014 se dio inicio a esta nueva metodología, donde el pastoreo es manejado en base a la oferta de forraje y se evalúan niveles crecientes de intervención del campo natural. Cabe remarcar que desde el 2014 hasta la fecha el experimento no se ha discontinuado.

#### 5.1.3. Descripción de los tratamientos

El experimento está compuesto por 4 tratamientos, uno cumpliendo la función de control (testigo) y los tres restantes con agregado de insumos. Los mismos se presentan a continuación.

- Campo natural (testigo).
- Campo natural mejorado con 8 kg/ha *Trifolium pratense* cultivar Estanzuela 116 y 6 kg/ha de *Lotus tenuis* cultivar Matrero, y 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/anual en otoño.
- Campo natural con agregado de 60 Unidades de Nitrógeno (UN) por hectárea bajo la forma de urea fraccionada en partes iguales entre otoño e invierno + 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/anual en la estación de otoño.
- Campo natural con agregado de 120 Unidades de Nitrógeno (UN) por hectárea bajo la forma de urea fraccionada en partes iguales entre otoño e invierno + 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/anual en la estación de otoño.

#### 5.1.4. Animales experimentales

Se utilizaron novillos de raza Holando de sobreño, presentando un peso promedio al inicio del experimento de  $258 \pm 50$  kg peso vivo (PV). Los animales fueron asignados de manera completamente al azar para cada tratamiento.

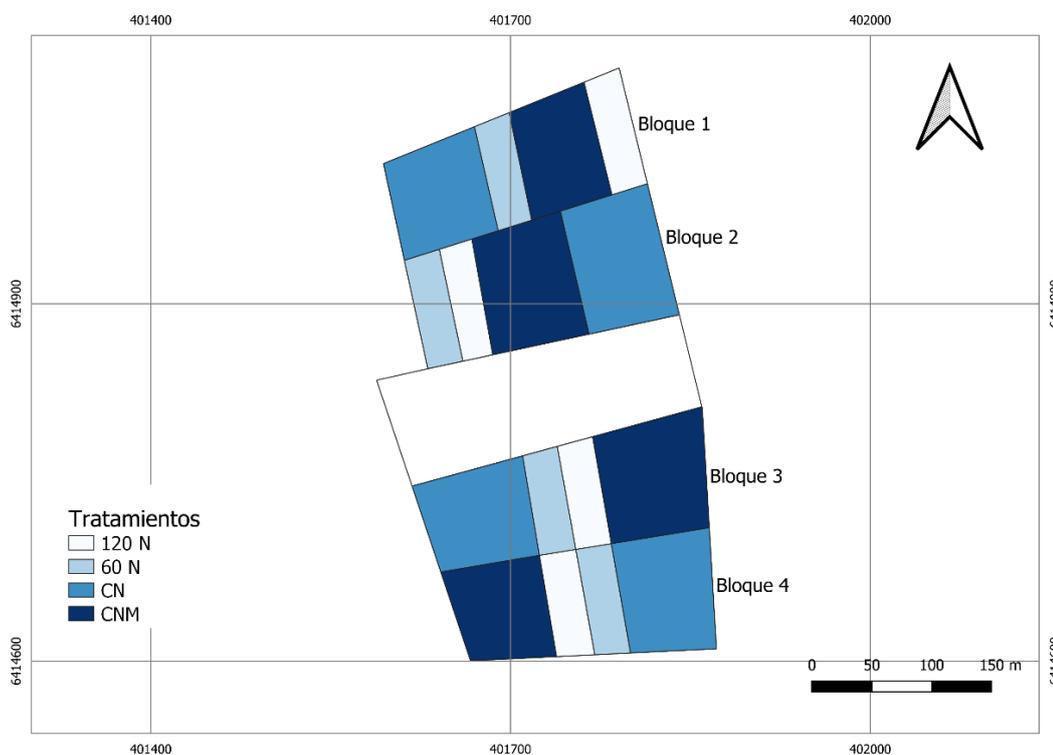
### 5.1.5. Diseño experimental

El experimento trata de un diseño en bloques completos al azar (DBCA), donde el área fue dividida en 4 bloques y cada bloque fue dividido en 4 parcelas asignando a las mismas de forma aleatoria los tratamientos. Siendo la parcela la unidad experimental. El área de las parcelas de campo natural y campo natural mejorado son aproximadamente de 0,7 ha, mientras que las parcelas de 60 N y 120 N corresponden a 0,27 hectáreas.

A continuación, se presenta el croquis del área experimental donde se detallan los bloques con sus tratamientos aleatorizados en cada parcela.

### Figura No. 3

*Mapa ilustrativo del diseño experimental*



## 5.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 5.2.1. Manejo experimental

El método de pastoreo utilizado es rotativo, que se basa en el movimiento periódico y secuencial del ganado entre un número variable de potreros a intervalos de tiempo fijo o variable según la estrategia de manejo, lo que implica que los períodos de ocupación y descanso estén definidos (Millot et al., 1987).

Los ciclos de pastoreo para el experimento fueron de 60 días, de los cuales 15 días fueron adjudicados al pastoreo mientras que los restantes 45 días fueron de descanso.

El pastoreo fue manejado con carga variable de manera de poder ajustar la oferta de forraje (OF) en base a la producción de la estación del año. Al comenzar el experimento se determinó una oferta de forraje de 8% tanto para otoño como invierno. Para lograr dicho objetivo se utilizó el método “put and take”, consiste en ajustar la OF utilizando los animales fijos denominados “tester” y la introducción de animales “volantes”. Mediante la determinación de la materia seca disponible en kilogramos y la oferta de forraje objetivo, se ajustó la carga (kg PV/ha) para lograr dicha oferta.

El ajuste de la OF mediante este método genera que la intensidad de pastoreo sea uniforme, aun existiendo diferencias en las disponibilidades de forraje, haciendo posible la comparación entre tratamientos.

#### 5.2.2. Determinación de la producción primaria

##### 5.2.2.1. Materia seca presente

Para determinar la materia seca presente previo al ingreso de los animales (kg.ha<sup>-1</sup> de MS presente) y posterior a la salida de los animales (kg.ha<sup>-1</sup> de MS remanente) se utilizó el método de doble muestreo, también llamado “Método de rendimiento comparativo de Haydock y Shaw”, que permite medir a través de 5 escalas de referencias la masa de forraje presente en el campo mediante una apreciación visual, pero también de forma directa a través de cortes. Cabe destacar que dichas escalas son determinadas en base a la densidad de forraje y a la altura (Cayley & Bird, 1996).

A su vez, el método presentado anteriormente fue combinado con el método Botanal, que además de estimar el rendimiento, permite la estimación de la contribución porcentual de las especies a la materia seca de forraje, pudiendo registrar y analizar atributos como frecuencia, cobertura y densidad (Tothill et al., 1992).

Para la recolección de datos se realizó un muestreo sistemático y representativo, buscando abarcar el área total de la parcela. Para dichas mediciones se utiliza un círculo como unidad de muestreo, el cual presenta un área conocida de 0,06 m<sup>2</sup>. El número de muestras por parcela fue de 60 en el caso de CN y CNM y de 30 en los tratamientos de 60 y 120 UN, debido a diferencias en el tamaño de las parcelas.

Se definieron cinco escalas con un ranking del 1 al 5 siendo uno el de menor cantidad de forraje y cinco el de mayor. Estas serán las escalas de referencia

para el muestreo visual y también a las que se les realizará el corte para la estimación de materia seca.

Se realizó el muestreo colocando el círculo en el suelo cada 10 pasos, donde visualmente se asignó a qué escala pertenece, se realizaron 4 mediciones de altura al azar para luego hacer un promedio de las mismas. El criterio de altura se toma como la hoja verde en estado vegetativo más alta que toca la regla graduada.

Por observación se determina qué especies se encuentran dentro del círculo para luego clasificarlas según grupo funcional, además se asigna un código rango de referencia que contiene frecuencias preestablecidas de aparición según cada grupo para luego ingresar en la base de datos del método botanal. Subjetivamente se estima porcentaje de suelo desnudo, maleza de campo sucio y material verde, este último se realiza tomando como referencia la escala de porcentaje de forraje verde que brinda la regla INIA.

Se procede al corte del forraje de las escalas de referencia con una tijera al ras del suelo. Se determina su peso fresco y luego de permanecer en estufa de aire forzado a 65°C durante 72 horas para obtener el peso constante de la muestra, se obtuvo el valor de peso seco que se utilizó para el cálculo de porcentaje de materia seca.

Por último, con los datos de altura de forraje (cm) y kilogramos de MS ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de MS) se ajustaron modelos de regresión lineal que relacionan ambas variables, obteniendo de esta manera una ecuación con dos parámetros (a y b), los cuales fueron ingresados en la planilla Botanal que asigna y corrige los kg de materia seca por hectárea según escalas, grupo funcional y contribución en porcentaje de las especies presentes.

#### 5.2.2.2. Materia seca disponible

Para estimar la materia seca disponible (kg MS total. periodo de pastoreo-1) se sumó a la materia seca presente al momento de inicio del pastoreo y la producción de materia seca durante el período de pastoreo, la cual se halla multiplicando la tasa de crecimiento diaria y los días de pastoreo.

#### 5.2.2.3. Materia seca remanente

La materia seca remanente se obtuvo estimando la materia seca presente al comienzo de cada periodo de descanso mediante el método de doble muestreo.

#### 5.2.2.4. Altura de forraje disponible y remanente

En cuanto a la altura de forraje disponible y remanente, el criterio para definir la altura se toma como la hoja verde en estado vegetativo más alta que toca

la regla graduada. Ambas variables fueron estimadas utilizando el promedio de alturas en cm registradas para cada potrero bajo estudio.

#### 5.2.2.5. Tasa de crecimiento diaria

La tasa de crecimiento diaria (kg MS.ha-1.día-1) se calculó realizando la diferencia de la materia seca presente al inicio de cada pastoreo con la materia seca remanente del periodo anterior de la parcela, para luego dividirlo entre los días de descanso de la misma.

#### 5.2.2.6. Materia seca producida

La estimación de la materia seca producida corresponde a la sumatoria del forraje producido en un ciclo de pastoreo, esto hace referencia a la materia seca que se produce durante el periodo de pastoreo y durante el periodo de descanso.

El producto de la tasa de crecimiento diaria y los días para un ciclo de pastoreo, da como resultado la materia seca que se produjo.

#### 5.2.2.7. Materia seca desaparecida

La materia seca desaparecida se calculó como la diferencia de la materia seca disponible, referido como la materia seca al comienzo del pastoreo + tasa de crecimiento diaria en el periodo de pastoreo, y la materia seca remanente al fin del pastoreo.

#### 5.2.2.8 Porcentaje de utilización

Al porcentaje de utilización se procede a calcularlo como el cociente de la materia seca desaparecida y la materia seca disponible, multiplicándolo por cien para transformar el valor a porcentaje.

### 5.2.3. Determinación de composición botánica

La composición botánica se determinó a través del método Botanal (Tothill et al., 1992) que permite la cuantificación del aporte de las especies y/o grupos funcionales al forraje presente. Estos grupos son caracterizados en base al tipo productivo, ciclo de producción y hábitos de vida. Para este trabajo se establecieron 15 grupos los cuales fueron: 1-Perenne estival tierno, 2-Perenne estival fino, 3-Perenne estival ordinario, 4-Perenne estival duro, 5-Anual invernal, 6-Perenne invernal fino, 7-Perenne invernal tierno, 8-Perenne invernal ordinario, 9-Perenne invernal duro, 10-Hierba menor y enana, 11-Restos secos, 12-Leguminosas sembradas, 13-Leguminosas no sembradas, 14-Cyperaceas, 15-Raigras.

#### 5.2.4. Determinación de la producción secundaria

##### 5.2.4.1. Peso vivo

El peso vivo se determinó mediante pesadas con balanza electrónica, realizándose a intervalos de 34 días aproximadamente. Este intervalo de días lo que generaba era que pastoreen 2 bloques por tratamiento. Los animales eran pesados con 12 horas de ayuno buscando disminuir el error por interferencia del alimento ingerido anteriormente.

##### 5.2.4.2. Carga

Para determinar la carga en kg de peso vivo por ha (kg PV. ha-1) se considera el promedio del peso de los animales para la superficie de la parcela. A esta se la considera variable debido a que, por momentos, al buscar una oferta constante, se le estaría agregando o quitando animales volantes por una variación en la producción primaria como se mencionó anteriormente en el manejo experimental.

##### 5.2.4.3. Ganancia media diaria

La ganancia media diaria (kg PV. día-1) se obtuvo con la diferencia del peso final e inicial, para luego dividirlo sobre los días que duró el periodo.

##### 5.2.4.4. Ganancia por hectárea

La ganancia por unidad de superficie (kg PV. ha-1) resultó del producto de la ganancia animal (kg PV.animal-1) y la cantidad de animales por superficie (animal.ha-1) en determinado periodo.

##### 5.2.4.5. Oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) se define como los kg de materia seca que se asignan cada 100 kg de peso vivo por día. Su cálculo se realizó dividiendo el forraje disponible ponderado por el área del potrero sobre los kg de peso vivo presentes, para luego dividirlo por la duración del periodo de ocupación.

### 5.3 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

- Efecto tratamiento
  - Ho:  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4$
  - Ha: existe al menos un  $\tau_i \neq \tau_i'$
- Efecto ciclo
  - Ho: C1= C2

- Ha: existe al menos un  $C_k \neq C_k'$
- Efecto interacción tratamiento x ciclo
  - Ho:  $\tau_{C11}=\tau_{C12}=\tau_{C21}=\tau_{C22}=\tau_{C31}=\tau_{C32}=\tau_{C41}=\tau_{C42}$
  - Ha: existe al menos una  $(\tau_{C})_{ik} \neq (\tau_{C})_{ik}$
- Contrastes ortogonales
  - ¿Hay efecto en la intervención del campo natural?
    - Ho:  $\tau_1 = \frac{1}{3} (\tau_2 + \tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau - \frac{1}{3} \tau_2 - \frac{1}{3} \tau_3 - \frac{1}{3} \tau_4 = 0$
    - Ha:  $\tau_1 \neq \frac{1}{3} (\tau_2 + \tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau - \frac{1}{3} \tau_2 - \frac{1}{3} \tau_3 - \frac{1}{3} \tau_4 \neq 0$
  - Si se hace intervención en el CN ¿hay efectos en el tipo de inversión (introducción de leguminosas + fertilizante fosfatado o fertilización nitrogenada)?
    - Ho:  $\tau_2 = \frac{1}{2} (\tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau - \frac{1}{2} \tau_3 - \frac{1}{2} \tau_4 = 0$
    - Ha:  $\tau_2 \neq \frac{1}{2} (\tau_3 + \tau_4) \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau - \frac{1}{2} \tau_3 - \frac{1}{2} \tau_4 \neq 0$
  - Si se realiza fertilización nitrogenada, ¿existe efecto en la dosis aplicada?
    - Ho:  $\tau_3 = \tau_4 \Leftrightarrow \text{Ho: } \tau - \tau_4 = 0$
    - Ha:  $\tau_3 \neq \tau_4 \Leftrightarrow \text{Ha: } \tau - \tau_4 \neq 0$

## 5.4 MODELO ESTADÍSTICO

### 5.4.1 Producción primaria

#### 5.4.1.1 Total del periodo

El modelo experimental para el total del periodo corresponde a un diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas, representado estadísticamente como:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + C_k + \delta_{ij} + (\tau\beta)_{ij} + (\tau C)_{ik} + \xi_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

$$k = 1, 2$$

Siendo:

- $Y$  = variable de interés.
- $\mu$  = media general.
- $\tau_i$  = efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento.
- $\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque.
- $C_k$  = efecto del  $k$ -ésimo ciclo.
- $\delta_{ij}$ : error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$ .
- $(\tau\beta)_{ij}$  = efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $j$ -ésimo bloque.
- $(\tau C)_{ik}$  = efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $k$ -ésimo ciclo.
- $\xi_{ijk}$  = error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ijk}$ .

Supuestos:

Modelo

- Es correcto
- Es aditivo

Error

$$\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

- Son variables aleatorias
- $\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$
- $\epsilon_{ijk} = 0$  para todo  $i, j$
- $\epsilon_{ijk} = \sigma^2$  para todo  $i, j$
- Son independientes

#### 5.4.1.2 Análisis estacional y producción acumulada

El modelo utilizado para el análisis estacional y producción acumulada corresponde a un diseño en bloques completos al azar (DBCA), representado como:

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

Siendo:

- Y= variable de interés.
- $\mu$ = media general.
- $\tau_i$ = efecto de la i-ésimo tratamiento.
- $\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque.
- $\xi_{ij}$  = error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$

Supuestos:

Modelo

- Es correcto
- Es aditivo

Error

$$\xi_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

- Son variables aleatorias
- $\xi_{ijk} \sim N$
- $E(\xi_{ijk}) = 0$  para todo i, j
- $V(\xi_{ijk}) = \sigma^2$  para todo i, j
- Son independientes

Para ambos modelos se llevó a cabo un análisis de varianza entre tratamientos y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con un nivel de significancia de 10%.

#### 5.4.2 Producción secundaria

El modelo estadístico utilizado para analizar la GMD corresponde a un diseño completo al azar (DCA) con parcelas divididas en el tiempo, representado como:

$$Y_i = \beta_0 + \tau_i + \beta_1 PVI_i + \epsilon_i$$

Siendo:

- $Y_i$ : variable de interés: GMD
- $\beta_0$ : media general corregida por la covariable.
- $\tau_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento.
- $\beta_1$ : coeficiente de regresión de la covarianza  $PVI_i$ .
- $PVI_i$ : peso vivo inicial.
- $\epsilon_i$ : error aleatorio asociado a la observación  $Y_i$ .

Supuestos:

Modelo

- Es correcto
- Es aditivo

Error

$$\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

- Son variables aleatorias
- $\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$
- $\epsilon_{ijk} = 0$  para todo  $i, j$
- $\epsilon_{ijk} = \sigma^2$  para todo  $i, j$
- Son independientes

Se llevó a cabo el análisis de covarianza entre tratamientos, teniendo como covariable el peso inicial de los animales al inicio de la evaluación, y se seleccionó como método de comparación de medias el test de Tukey con una probabilidad de 10%. También se realizaron los mismos contrastes ortogonales que los mencionados en la producción primaria.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Caracterización climática

#### 6.1.1 Temperatura y Precipitaciones

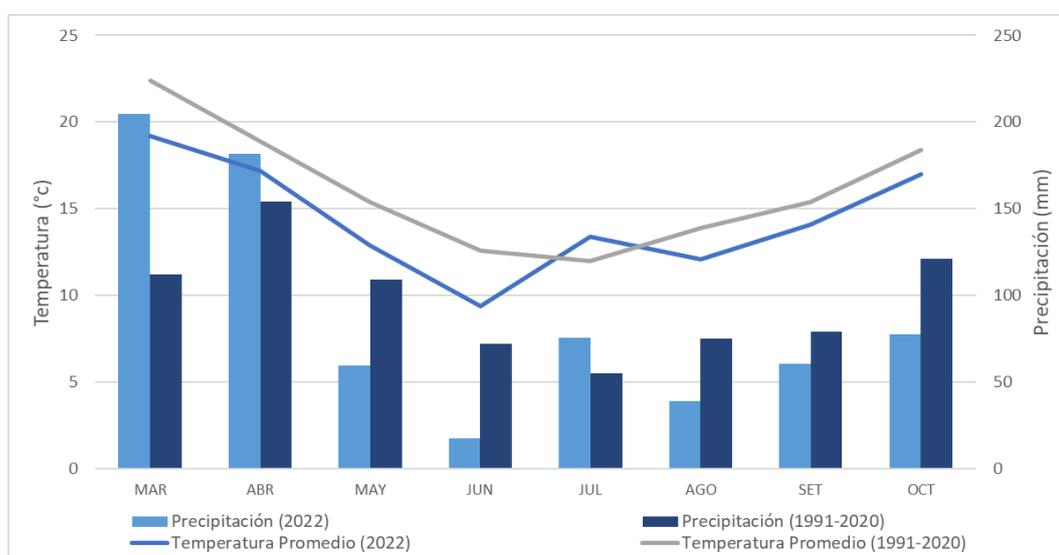
En la figura 4 se presenta la evolución de las precipitaciones acumuladas y las temperaturas promedio para el periodo de estudio (2022) obtenidos de la estación meteorológica de la EEMAC, y las precipitaciones acumuladas promedio y la temperatura promedio para una serie de años (1991-2020) de la estación meteorológica Paysandú (Instituto Uruguayo de Meteorología [INUMET], s.f.).

Analizando la temperatura, en la figura 4 se puede observar que excepto para julio, todos los meses en que el experimento fue llevado a cabo la temperatura promedio fue inferior en  $1,7^{\circ}\text{C}$  al promedio climático de 1991-2020, a pesar de esto, sigue la tendencia del registro histórico.

Las precipitaciones en los meses de estudio fueron un 7,8% menor que la serie climática 1991-2020, donde solo en los meses de marzo, abril y julio superaron los valores de dicha serie. Encontramos un inicio del otoño con elevadas precipitaciones, que a medida que avanzaba el período de estudio se vuelven deficiente pudiendo comprometer el agua en el perfil y su respectiva recarga del mismo.

#### Figura No. 4

*Evolución de PP acumulada (mm) y T. media ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el año del experimento (2022) para la EEMAC y en serie histórica (1991-2020) para Paysandú*



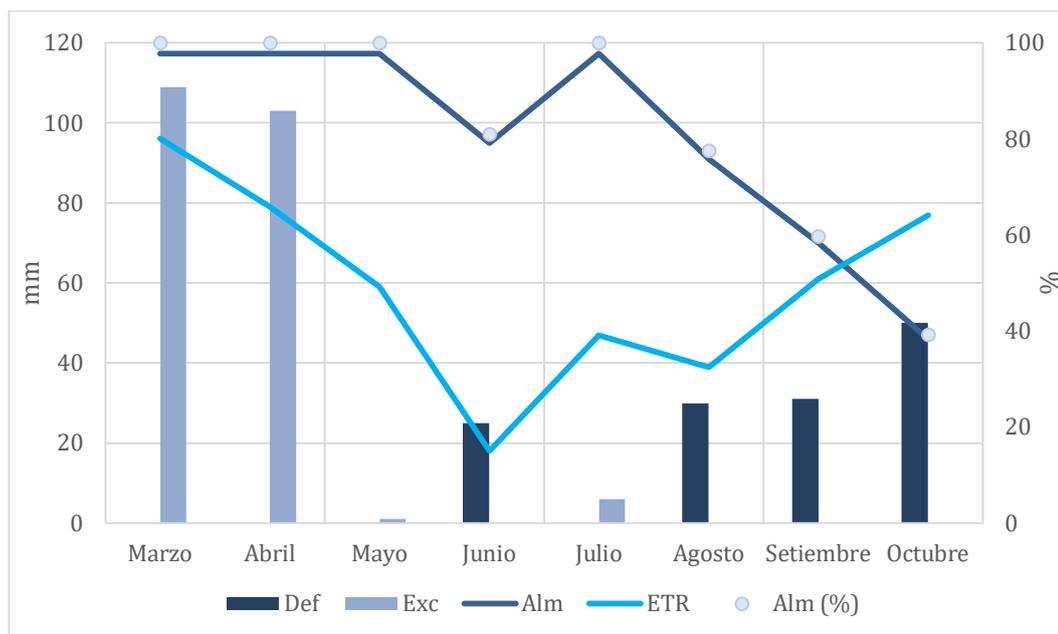
#### 6.1.2 Balance hídrico

Se procede a realizar un balance hídrico mediante la metodología Thornthwaite & Mather, partiendo de la utilización de datos de precipitación y

evapotranspiración potencial obtenidos a través de la estación meteorológica de la EEMAC, desde los meses de marzo hasta octubre, periodo en el cual fue realizado el presente trabajo. La capacidad de almacenamiento de agua disponible (CAAD) fue tomada de Molfino y Califra (2001) donde utilizan la base de datos de Suelos Dominantes y Asociados de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (escala 1:1000000), para el caso de la unidad San Manuel se le asigna el valor de 117,3 mm de agua potencialmente disponible neta (APDN).

### Figura No. 5

*Evolución del almacenaje de agua en el suelo (Alm.), evapotranspiración real (ETR), deficiencias (Def.), excesos (Exc.) y % del almacenamiento para el periodo comprendido entre marzo y octubre*



Como se observa en la figura 5, desde comienzo del periodo de evaluación hasta julio las precipitaciones y el agua en el perfil fueron suficiente para cubrir los requerimientos de evapotranspiración real, llegando a generarse excesos. A partir de agosto las precipitaciones comienzan a ser menores al promedio histórico, la ETR comienza a aumentar por lo tanto el agua almacenada en el perfil comienza a disminuir observándose deficiencias en el balance hídrico.

Durante los primeros meses de experimentación nos enfrentamos a una situación favorable en cuanto al agua almacenada en el perfil, encontrándose a niveles cercanos de su capacidad máxima de almacenaje. A medida que nos acercamos a la primavera observamos que la demanda comienza a incrementarse por un aumento en la radiación y temperatura, dejando de ocurrir excesos y, debido a falta de precipitaciones se comienzan a observar disminución del agua en el perfil.

De julio en adelante, el agua almacenada tiene una pendiente negativa llegando al mes de agosto y septiembre con el 78% y 60% de su capacidad de almacenaje respectivamente, no siendo este descenso limitante para la producción primaria. Luego hacia el mes de octubre se acentúa más la pendiente negativa, la

ETR es elevada y las precipitaciones son bajas, llegando al final del periodo con 39% de agua en el perfil, pudiendo empezar a comprometer el crecimiento y desarrollo de la pastura debido a que el punto de marchitez permanente está entorno al 40% de la capacidad de almacenaje.

## 6.2 Análisis del experimento

### 6.2.1 Producción primaria

Las variables que caracterizan a la producción primaria se evaluaron en función del efecto tratamiento, ciclo y la interacción entre ambos, como se puede observar en la tabla 15 en donde se muestra la significancia estadística de los efectos para el total del periodo bajo estudio.

**Tabla No. 15**

*Resumen estadístico de significancia para los efectos analizados y tres contrastes ortogonales sobre variables de producción primaria del experimento*

Variables	Efecto Tratamiento	Efecto Ciclo	Efecto interacción Trat. x Ciclo	Contraste		
				1	2	3
MS Presente	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Altura disponible	ns	*	ns	ns	ns	ns
MS Remanente	ns	**	ns	ns	*	ns
Altura remanente	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MS Desaparecida	**	ns	ns	***	ns	ns
% Utilización	***	ns	ns	***	**	ns
MS disponible	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tasa de crecimiento	*	ns	ns	**	ns	ns
MS Producida	*	*	ns	**	ns	ns

*Nota.* ns: no significativo; \* significativo al 10%; \*\* significativo al 5%; \*\*\* significativo al 1%. Contraste 1: Testigo vs Tratamientos; Contraste 2: CNM vs Nitrógeno; Contraste 3: Nitrógeno 60 N vs Nitrógeno 120 N.

En relación al efecto tratamiento, se observan diferencias significativas para las variables MS desaparecida, porcentaje de utilización, tasa de crecimiento, MS producida y oferta de forraje. Para el efecto ciclo se visualiza que las variables que presentaron diferencias significativas son altura disponible, MS remanente y MS producida. Por último, en cuanto al efecto interacción tratamiento x ciclo, todas las variables analizadas no son significativas a dicho efecto.

Para el caso de los contrastes ortogonales, el contraste 1 el cual compara el tratamiento CN con los demás tratamientos (CNM; 60N y 120N), se encontraron diferencias significativas en las variables MS desaparecida, porcentaje de utilización, tasa de crecimiento y MS producida. En el contraste 2 donde se compara el tratamiento CNM contra los tratamientos nitrogenados, se observa que las variables que presentaron significancia fueron MS remanente, porcentaje de utilización y oferta de forraje. Para finalizar, en el contraste 3 que compara las dosis de 60 y 120 unidades de N, no se registraron diferencias significativas para ninguna de las variables analizadas.

A continuación, se procede a analizar los resultados obtenidos para las diferentes variables de producción primaria en el total del período y de forma estacional, con la salvedad de que no se hará mención al efecto de la interacción tratamiento por ciclo debido a la falta de significancia.

#### 6.2.1.1 Producción de forraje para el total del período

Se presentan los resultados de producción primaria y características de la pastura en el total del período de evaluación.

**Tabla No. 16**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MS Producida) y la tasa de crecimiento (TC) para el total del periodo analizado*

Tratamiento	MS Producida (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CN	1713,0 b	12,8 b
CNM	2506,3 ab	19,2 ab
60 N	3426,5 a	26,3 a
120 N	3251,0 a	25,2 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Como se puede observar en la tabla 16, para el total del periodo, tanto para la MS producida ( $p$ -valor = 0,0512) como para la TC ( $p$ -valor = 0,0502), los tratamientos con agregado de fertilizante nitrogenado fueron significativamente superiores al tratamiento testigo. Por otro lado, en ambas variables el tratamiento CNM no se diferenció estadísticamente del testigo ni de los tratamientos nitrogenados.

Analizando la variable MS Producida, se registra una superioridad de 89,8% y 100% de los tratamientos 120N y 60N respectivamente al compararlo con el testigo. Rodríguez Palma (1998) y Jaurena, Giorello et al. (2015) encuentran una superioridad de los tratamientos nitrogenados, pero en una menor magnitud, dónde Rodríguez Palma (1998) registra un aumento de 44% en la producción de forraje entre tratamientos de 100 kg N/ha respecto al de 0 kg N/ha, y Jaurena, Giorello et al. (2015) registran incrementos del 76% con el agregado de 200 kg de N/ha.

Para esta variable, en los tratamientos nitrogenados se observa que no hubo diferencias significativas en las diferentes dosis, siendo esto encontrado también por Ayala y Carámbula (1994) donde compararon dosis de 40 y 80 kg N/ha, dejando en evidencia las menores eficiencias por el uso de las altas dosis de N.

En lo que respecta a los contrastes realizados, se encontraron los mismos resultados, pero pudiendo observar una tendencia a que los tratamientos nitrogenados presenten una mayor producción de MS respecto al CNM con un p-valor igual a 0,12.

En cuanto a la tasa de crecimiento, no se registraron diferencias entre el CNM y el CN, a diferencia de lo encontrado por Carámbula (1992a) y Bemhaja (1998a) que sostienen que el CNM presenta producciones considerablemente superiores a las del campo natural durante el período otoño-invernal, explicado por una mayor tasa de crecimiento. Por otro lado, se encuentran diferencias de los tratamientos nitrogenados respecto al testigo, esto coincide con la afirmación de Zanoniani et al. (2011) donde a menores ofertas y con el agregado de este nutriente se produce un rebrote más rápido llegando antes al IAF óptimo, obteniendo mayor producción de MS, explicado por mayores TC. Además, en los contrastes realizados se observó la misma tendencia mencionada para la variable MS producida al comparar los tratamientos nitrogenados con el CNM con un p-valor igual a 0,12.

**Tabla No. 17**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca presente (MS Presente), altura disponible, materia seca remanente (MS Remanente) y altura remanente, para total del periodo analizado*

Tratamiento	MS Presente (kg MS/ha)	Altura disponible (cm)	MS Remanente (kg MS/ha)	Altura remanente (cm)
CN	2901	10,4	2309	7,4
CNM	3377	12,6	2402	7,6
60 N	3109	12,1	1962	6,8
120 N	2901	18,5	1927	7,8

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Como se observa en la tabla 17, no se encuentran diferencias significativas para estas variables por efecto de los tratamientos, donde la intensificación no genera ningún efecto sobre el CN en el total del período.

Se debe tener en cuenta que, como mencionan Rebuffo (1994) y Ayala y Carámbula (1994), las condiciones climáticas pueden condicionar la respuesta de la fertilización nitrogenada, lo que podría explicar la no significancia en los resultados obtenidos en dichos tratamientos ya que durante el período experimental las temperaturas estuvieron 1,7 °C por debajo del promedio histórico para la serie 1991-2020. Además, otro factor que influyó en dichos resultados fue la propia conducción del experimento, que debido al manejo empleado se observan alturas remanentes que rondan los 7 cm, reflejo a la oferta de forraje utilizada, que como indica Boggiano et al. (2011) permite un rebrote con una adecuada PAR absorbida repercutiendo directamente en la TC, y por consiguiente en la producción de MS. Dicho manejo pudo favorecer el tratamiento testigo que explica esa similar MS presente que los tratamientos que se les agregó insumo externo.

Con el agregado del fertilizante nitrogenado se podrían utilizar mayores intensidades de pastoreo (menor oferta de forraje) sin verse comprometido el rebrote, por lo que al utilizar el mismo remanente que el testigo podría haber afectado la expresión potencial de dichos tratamientos reflejado en la falta de significancia con respecto al testigo para la MS presente. En cambio, para el caso del testigo, trabajar con menores intensidades (mayor oferta) genera entrar al periodo de descanso con un mayor IAF remanente permitiendo llegar con la misma MS presente que los tratamientos nitrogenados al momento del ingreso de los animales.

En lo que respecta a los contrastes realizados, se encuentra que para la variable MS remanente el único que resultó significativo fue el contraste 2 demostrando una superioridad por parte del tratamiento CNM respecto a los tratamientos nitrogenados. Esto se puede explicar principalmente por la OF utilizada en cada uno, siendo menor en los tratamientos nitrogenados que en el tratamiento de CNM.

**Tabla No. 18**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible, materia seca desaparecida y % de utilización, para el total del periodo analizado*

Tratamiento	MS Disponible (kg MS/ha)	MS Desaparecida (kg MS/ha)	% Utilización
CN	3096	787 b	25 b
CNM	3662	1260 ab	34 ab
60 N	3519	1557 a	43 a
120 N	3487	1561 a	42 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

No se observan diferencias significativas en la MS disponible (p-valor = 0,4440) entre los tratamientos. Por otra parte, si se encontraron diferencias en la MS desaparecida (p-valor = 0,0131) y en el porcentaje de utilización (p-valor = 0,0052).

En lo que respecta a la MS disponible, analizando los contrastes obtenidos se encuentra que el contraste 1 presenta una tendencia a que se diferencien los tratamientos respecto al testigo con un p-valor = 0,13 a favor de los tratamientos.

La materia seca desaparecida fue superior para el caso de los tratamientos nitrogenados respecto al testigo, que frente a una misma MS disponible reflejan un mayor porcentaje de utilización. Esto se puede ratificar con los contrastes, donde el contraste 1 fue significativo para el caso de la MS desaparecida (p-valor = 0,0029) y en el % utilización (p-valor = 0,0018). Los resultados obtenidos pueden ser explicados por la OF lograda y una posible mejora en la calidad de la dieta reflejado en las especies presentes que aumenta el consumo. Lo que concuerda con Berretta et al. (1998) como se cita en Zanoniani et al. (2011) y Rodríguez Palma et al. (2004) donde encuentran que frente al aumento en la fertilidad, aumenta la frecuencia de las gramíneas invernales y el incremento en el aporte de especies finas. A razón de esto Zamalvide (1998) constató un aumento en la calidad de la pastura por un aumento en el contenido de N y P, y por el afinamiento de la misma, siendo esto ratificado por Boggiano et al. (2005).

En el caso del CNM, para la MS desaparecida y el % de utilización no se encontraron diferencias significativas con el tratamiento CN ni con los tratamientos nitrogenados pudiéndose tomar como un resultado intermedio. En cambio, en el contraste 2 existe una tendencia a favor de los tratamientos nitrogenados respecto al CNM con un p-valor = 0,12 para la variable MS desaparecida; y para la variable % de utilización se observa una diferencia significativa a favor de los tratamientos nitrogenado con un p-valor = 0,03.

Teniendo en cuenta los contraste 1 y 2, se puede interpretar que el contraste 1 está muy influenciado por los tratamientos nitrogenados donde el CNM puede ser similar al CN para estas variables.

#### 6.2.1.2 Producción de forraje por estación

A continuación, se procede a desarrollar los resultados de producción primaria y características de la pastura para las estaciones en las cuales se desarrolló el estudio.

**Tabla No. 19**

*Efecto de la estación sobre la MS producida y TC*

Estación	MS Producida (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
Otoño	1585 a	23,0
Invierno	1139 b	18,7

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas (p<0,10).

Se puede observar una superioridad en cuanto a la materia seca producida en el periodo otoñal con respecto al invierno, a pesar de esto, no se observaron diferencias estadísticas en cuanto a la variable TC. Aun así, esta diferencia en términos absolutos en la TC para las estaciones, pudo generar para cada estación diferencias significativas en la MS producida.

**Tabla No. 20**

*Efecto de la estación sobre la MS disponible, MS desaparecida y porcentaje de utilización*

Estación	MS Disponible (kg MS/ha)	MS Desaparecida (kg MS/ha)	% Utilización
Otoño	3441	1139	32,2
Invierno	3441	1443	40,3

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Como se puede observar en la tabla 20, para las variables MS disponible, MS desaparecida y porcentaje de utilización no se encontraron diferencias para las estaciones en que el trabajo experimental fue llevado a cabo. A pesar de esto, el porcentaje de utilización en términos absolutos fue 25% superior en el caso del invierno en comparación con el otoño. Estos resultados son esperables ya que no se buscaba diferenciar el manejo de los tratamientos entre las estaciones.

#### 6.2.1.2.1 Otoño

**Tabla No. 21**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MS Producida) y la tasa de crecimiento (TC), durante el periodo otoñal*

Tratamiento	MS Producida (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CN	1389	20,13
CNM	1510	21,86
60 N	2002	29,21
120 N	1437	20,81

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

No se observan diferencias significativas entre los tratamientos para las variables analizadas durante el periodo otoñal, no encontrándose efecto de la intensificación sobre el CN para dicha estación, a diferencia de lo mencionado por Ayala et al. (1994) quienes indican un incremento de la producción de forraje en tratamientos con el agregado de nitrógeno. En términos absolutos es posible

observar que la MS producida y la TC en el tratamiento 60 N presentan valores superiores a los demás tratamientos.

No se encontraron diferencias entre el tratamiento CNM y CN para el experimento en contraposición a lo encontrado por Carábula (1992a), quien sostiene que los mejoramientos de campo natural presentan producciones considerablemente mayores a las del campo natural en el período otoñal, explicada por una mayor tasa de crecimiento diaria.

Los valores obtenidos de TC para el caso del CNM son similares a lo que encontró Bemhaja (1998a) donde reporta valores de 23,7 kg MS/ha/día. Por otra parte, el valor de TC obtenido por esta autora para el CN es de 10,9 kg MS/ha/día siendo inferior al encontrado en este experimento.

Para ambas variables, los contrastes concuerdan con los datos presentados en la tabla 21, no encontrándose diferencias significativas en las comparaciones. Siendo estos resultados explicados por el manejo realizado, donde en el CN y CNM presentan OF mayores a los objetivos y a las OF de los tratamientos nitrogenados.

**Tabla No. 22**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca presente (MS Presente), altura disponible, materia seca remanente (MS Remanente) y altura remanente, durante el periodo otoñal*

Tratamiento	MS Presente (kg MS/ha)	Altura disponible (cm)	MS Remanente (kg MS/ha)	Altura remanente (cm)
CN	3031	10,4	2519	7,5
CNM	3459	11,8	2523	7,7
60 N	3103	10,5	2069	6,7
120 N	2727	11,1	2096	7,7

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

No se encontraron diferencias significativas para las variables presentadas en la tabla 20 durante el periodo otoñal. Estos datos concuerdan con los contrastes realizados, donde no se observaron diferencias significativas en las comparaciones.

Es esperable que no encontremos diferencias en la MS remanente ya que esto se debe a la conducción del experimento, donde el objetivo es tratar de lograr cierto remanente para no afectar la estructura, producción y diversidad de especies presentes en la pastura.

**Tabla No. 23**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible, materia seca desaparecida y % de utilización, para el periodo otoñal*

Tratamiento	MS Disponible (kgMS/ha)	MS Desaparecida (kgMS/ha)	% Utilización
CN	3349	829	24,5
CNM	3805	1282	33,3
60 N	3544	1476	41,1
120 N	3065	969	30,1

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las variables presentadas en la tabla 23, durante el periodo otoñal. Si se analizan las variables en términos absolutos, se observa una tendencia de que los tratamientos con medidas de intensificación tienden a ser superiores al testigo. En este sentido, se puede observar que el porcentaje de utilización en el tratamiento 60 N es aproximadamente 68% superior en comparación con el testigo.

Ratificando los resultados presentados en la tabla 23, los contrastes analizados no presentaron diferencias significativas en las comparaciones.

#### 6.2.1.2.2 Invierno

**Tabla No. 24**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca producida (MS Producida) y la tasa de crecimiento (TC), para el periodo invernal*

Tratamiento	MS Producida (kg/ha)	TC (kg MS/ha/día)
CN	324 b	5,50 b
CNM	996 ab	16,25 ab
60 N	1425 a	23,50 a
120 N	1814 a	29,50 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Como se puede observar en la tabla 24, se registran diferencias significativas para los diferentes tratamientos en cuanto a la MS producida ( $p$ -valor = 0,0167) y también en la TC ( $p$ -valor = 0,0183).

Los tratamientos con agregado de fertilizante nitrogenado son quienes presentan mayores valores en producción de MS y TC diferenciándose estadísticamente con el CN, y a su vez, estos no difieren con el CNM. Cabe destacar que el CNM tampoco se diferencia estadísticamente del tratamiento testigo en ambas variables. Estos datos concuerdan con Ayala y Carámbula (1994) donde observaron un efecto positivo a causa de fertilizaciones nitrogenadas en otoño, que favorece el aumento en el macollaje de las especies activas en invierno, concluyendo que la fertilización nitrogenada en cada estación puede afectar la producción forrajera de las estaciones siguientes.

A pesar de que no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con agregado de fertilizante nitrogenado y el tratamiento de CNM, en términos absolutos presentan una superioridad de aproximadamente 40% al comparar el CNM con el tratamiento de 60 N y de aproximadamente 80% con el tratamiento de 120 N en ambas variables.

Los valores obtenidos de TC son similares a los encontrados por Bemhaja (1998a) que reporta valores de 18 kg MS/ha/día para CNM y de 7,3 kg MS/ha/día para el tratamiento CN. Pero a diferencia de lo reportado por este autor, que indica que la tasa de crecimiento diario estacional fue superlativamente mayor en el CNM en comparación al CN, en el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas entre estos tratamientos.

Rebuffo (1994) sostiene que la fertilización nitrogenada se ve afectada por las condiciones climáticas durante y post aplicación, la tasa de crecimiento del forraje, la composición botánica y el estado de la pastura, incidiendo fuertemente en la respuesta potencial al agregado de N. Es por esto que quizás no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos nitrogenados, y estos con respecto al CNM.

Respecto a los contrastes, para la variable MS producida el contraste 1 presenta los mismos resultados que los mencionados anteriormente donde los tratamientos con agregado de insumo son superiores al campo natural ( $p$ -valor = 0,0060). Además, en el contraste 2 se da una diferencia significativa entre el CNM y los tratamientos nitrogenados a favor de estos últimos con  $p$ -valor = 0,0853.

En los contrastes realizados para la TC se puede ratificar que el CN se diferencia de los tratamientos con un  $p$ -valor = 0,006; pero en el contraste 2 encontramos que el CNM se diferencia de los tratamientos nitrogenados ( $p$ -valor = 0,085), presentando los tratamientos nitrogenados una mayor TC.

**Tabla No. 25**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca presente (MS Presente), altura disponible, materia seca remanente (MS Remanente) y altura remanente, para el periodo invernal*

Tratamiento	MS Presente (kg MS/ha)	Altura disponible (cm)	MS Remanente (kg MS/ha)	Altura remanente (cm)
CN	2772	10,75	2098 ab	7,0
CNM	3295	13,25	2281 a	7,5
60 N	3169	14,00	1854 ab	7,0
120 N	3492	26,25	1757 b	8,0

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

No se encontraron diferencias significativas para las variables MS presente, altura disponible y altura remanente. Sin embargo, sí se registraron diferencias para la variable MS remanente ( $p$ -valor = 0,0737).

En este sentido, el tratamiento CNM es superior estadísticamente con respecto al tratamiento 120 N, sin encontrar diferencias significativas entre CNM, CN y 60 N. A su vez, los tratamientos CN y 60 N no difieren estadísticamente del tratamiento 120 N.

En los contrastes realizados para la variable MS presente obtuvimos una diferencia a los resultados comentados anteriormente, donde en el contraste 1 indica que el CN presenta una MS presente menor a los tratamientos ( $p$ -valor = 0,05). En lo que respecta a la variable MS remanente, el contraste 2 muestra una diferencia significativa ( $p$ -valor = 0,0162) entre el CNM y los tratamientos con nitrógeno a favor del CNM, lo que difiere en los resultados presentados anteriormente donde el CNM es estadísticamente igual a 60 N.

**Tabla No. 26**

*Efecto de los tratamientos sobre la materia seca disponible, materia seca desaparecida y % de utilización, para el periodo invernal*

Tratamiento	MS Disponible (kgMS/ha)	MS Desaparecida (kgMS/ha)	% Utilización
CN	2843 b	745 c	26,0 c
CNM	3518 ab	1238 bc	34,5 bc
60 N	3493 ab	1638 ab	46,0 ab
120 N	3910 a	2153 a	54,5 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables MS disponible ( $p$ -valor = 0,0403), MS desaparecida ( $p$ -valor = 0,0023) y porcentaje de utilización ( $p$ -valor = 0,0013) para los distintos tratamientos.

Respecto a la variable MS disponible, el tratamiento 120 N presenta el mayor valor y se diferencia estadísticamente del testigo, pero no de los tratamientos 60 N y CNM. Aun así, estos dos tratamientos tampoco se diferencian con el tratamiento testigo. Esta falta de significancia del tratamiento 60 N y CNM con respecto al testigo puede estar explicada según Ayala y Carámbula (1994) principalmente por el ciclo biológico de las especies, las bajas temperaturas, heladas y excesos de agua durante esta estación que afectan la respuesta al agregado de este insumo. Con esta lógica, estos autores sugieren descartar el uso de este nutriente para aumentar la producción inmediata de forraje. A pesar de esto, en el presente trabajo se observa una superioridad del agregado de 120 unidades de N con respecto al tratamiento testigo, siendo relevante en términos productivos, difiriendo con lo mencionado por estos autores.

Aun así, para la variable mencionada, el contraste 1 presenta diferencia significativa ( $p$ -valor = 0,0106) a favor de los tratamientos con agregados de insumo respecto al campo natural.

Debido a la similitud estadística que presentan la MS desaparecida y porcentaje de utilización, se puede decir que para ambas variables el tratamiento 120 N es superior que el CNM y CN, sin presentar diferencias con el tratamiento 60 N. Además, este último no difiere con el tratamiento CNM, el cual no presenta diferencias significativas con el testigo.

Analizando los contrastes para la variable MS desaparecida, el contraste 1 presenta diferencia significativa ( $p$ -valor = 0,0015) a favor de los tratamientos respecto al CN, resultado que ratifica lo antes mencionado excepto para el caso de la similitud estadística entre el CN y el CNM. Además, en el contraste 2 refleja diferencias a favor de los tratamientos nitrogenados respecto al CNM con  $p$ -valor

= 0,0155, lo que difiere con los resultados presentados donde el CNM no se diferencia del tratamiento 60 N. Por último, en el contraste 3 encontramos diferencia significativa a favor del tratamiento 120 N respecto al tratamiento 60 N con p-valor = 0,074.

En la variable % utilización, encontramos que el contraste 1 y 2 presentan similar comportamiento que la MS desaparecida con p-valor = 0,0011 y p-valor = 0,0050 respectivamente. Por otra parte, el contraste 3 sugiere una tendencia a diferenciar los tratamientos nitrogenados entre sí con una superioridad del 120 N.

### 6.2.2 Composición botánica

Las variables que caracterizan a la composición botánica del forraje disponible se evaluaron en función del efecto tratamiento, ciclo y la interacción entre ambos, como se puede observar en la tabla 27 en donde se muestra la significancia estadística de los efectos para el total del periodo bajo estudio, así como también tres contrastes ortogonales.

**Tabla No. 27**

*Resumen estadístico de significancia para los efectos analizados y tres contrastes ortogonales sobre variables de composición botánica del experimento*

Variables	Efecto Tratamiento	Efecto Ciclo	Efecto interacción Trat. x Ciclo	Contraste		
				1	2	3
% SD	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% MCS	ns	*	*	ns	ns	ns
% MV	***	***	***	***	**	ns
% PET	***	***	*	***	**	ns
% PEF	ns	**	ns	ns	ns	ns
% PEO	***	ns	ns	***	**	ns
% PED	ns	ns	ns	**	ns	ns
% PIF	ns	***	**	ns	ns	ns
% PIT	ns	**	ns	ns	ns	ns
% PIO	ns	**	ns	ns	ns	ns
% PID	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% HM y E	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% Restos secos	ns	ns	ns	**	ns	ns
% Leguminosas no nativas	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% Leguminosas nativas	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% Cyperaceae	ns	**	ns	**	ns	ns
% Raigrás	***	***	***	***	**	ns

*Nota.* ns: no significativo; \* significativo al 10%; \*\* significativo al 5%; \*\*\* significativo al 1%. Contraste 1: Testigo vs Tratamientos; Contraste 2: CNM vs Nitrógeno; Contraste 3: Nitrógeno 60 N vs Nitrógeno 120 N. Variables de la composición botánica bajo estudio: % SD (suelo desnudo); % MCS (Maleza campo sucio); % MV (Material Verde); % PET (Perenne estival tierno); % PEF (Perenne estival fino); % PEO (Perenne estival ordinario); % PED (Perenne estival duro); % PIF (Perenne invernal fino); % PIT (Perenne invernal tierno); % PIO (Perenne invernal ordinario); % PID (Perenne invernal duro); % HM y E (Hierbas menores y enanas); % Restos Secos; % Leguminosas no nativas; % Leguminosas nativas; % Cyperaceae; % Raigrás.

Como se puede observar en la tabla 27, para el efecto tratamiento las variables %MV, %PET, %PEO y % de Raigrás fueron estadísticamente diferentes. En cuanto al efecto ciclo, se observa significancia para las variables %MCS, %MV, %PET, %PEF, %PIF, %PIT, %PIO, % Cyperaceae y % de Raigrás. Por último, para el efecto de la interacción tratamiento x ciclo las variables %MCS, %MV, %PET, %PIF y % de Raigrás fueron las que se diferenciaron estadísticamente.

En cuanto a los contrastes ortogonales, se encontraron diferencias significativas para al menos una variable en los contrastes 1 y 2, pero para el contraste 3 no se registraron diferencias significativas para las variables analizadas.

En el caso del contraste 1, el cual compara el tratamiento testigo sin intervención (CN) con los tratamientos que sí presentan (CNM, 60 N, 120 N), se registró significancia en las variables % MV, % PET, % PEO, % PED, % Restos secos, % Cyperaceae y % Raigrás.

En cuanto al contraste 2, que compara el tratamiento CNM con los tratamientos nitrogenados (60 N y 120 N), se observaron diferencias significativas en las variables % MV, % PET, % PEO y % de Raigrás.

Por último, en el contraste 3 que compara las diferentes dosis de nitrógeno utilizadas (60 N y 120 N), no se encontraron diferencias significativas para las variables estudiadas.

#### 6.2.2.1 Análisis de la composición botánica para el total del periodo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación a la composición botánica del forraje disponible para la totalidad del periodo en el cual fue llevado a cabo el experimento.

Debido a que las variables a analizar están en base al porcentaje de la MS disponible, se vuelven a presentar los datos de dicha variable a modo de tener la información más accesible para realizar un correcto análisis.

**Tabla No. 28**

*Contribución porcentual de materia verde en función de la materia seca disponible según tratamiento, en el total del periodo*

Tratamiento	MS Disponible (kg/ha)	% MV
CN	3096	72,8 b
CNM	3662	77,1 ab
60 N	3519	80,3 a
120 N	3487	81,8 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Para la variable % MV analizada en la tabla 28, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos con  $p$ -valor = 0,0043, donde los tratamientos con agregado de nitrógeno son estadísticamente diferentes al testigo, sin presentar diferencias significativas con el tratamiento CNM. Esta diferencia se debe al efecto de la fertilización nitrogenada sobre el ciclo de las especies presentes, pudiendo alargar el ciclo de las especies estivales y estimular el inicio de las especies invernales, además del efecto que puede tener sobre la composición botánica (Berretta et al., 2001). Por otro lado, el CNM tampoco presenta diferencias significativas con el CN.

Al analizar los contrastes para la variable % MV, en el contraste 1 se encontró que los tratamientos son superiores al CN ( $p$ -valor = 0,0014), además, en el contraste 2 hay diferencia significativa ( $p$ -valor = 0,0370) a favor de los tratamientos con nitrógeno respecto al CNM, lo cual difiere en los resultados presentados anteriormente. En cambio, el contraste 3 ratifica los datos presentados en la tabla 28.

**Tabla No. 29**

*Contribución porcentual de los diferentes grupos funcionales invernales y de raigrás en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo*

Tratamiento	% PIF	% PIT	% PIO	% PID	% Raigrás
CN	34	0,9	0,5	0,06	10,3 c
CNM	34	0,7	0,3	0,05	29,8 bc
60 N	32	1,1	0,04	0,5	41,9 ab
120 N	24	0,6	0,00	0,00	54,1 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Para las variables analizadas en la tabla 29, a excepción del % de raigrás ( $p$ -valor = 0,0020), no se observan diferencias significativas entre los tratamientos.

Esto concuerda con lo obtenido en los contrastes, donde el raigrás fue la única variable que presentó diferencias significativas. Este último presenta diferencias para el contraste 1 ( $p$ -valor = 0,0008) a favor de los tratamientos respecto al testigo, por otra parte, el contraste 2 ( $p$ -valor = 0,0246) indica una superioridad por parte de los tratamientos nitrogenados mostrando otro resultado que el presentado en la tabla 29 donde no se diferencia al CNM con el tratamiento 60 N.

Dentro del grupo funcional de especies perennes invernales, el que realiza mayor contribución a la producción de forraje es el grupo PIF con un promedio de 32% del total de los tratamientos, mostrando una baja proporción de los demás grupos funcionales presentes en la tabla 29, siendo esto deseable para el caso de las ordinarias y duras.

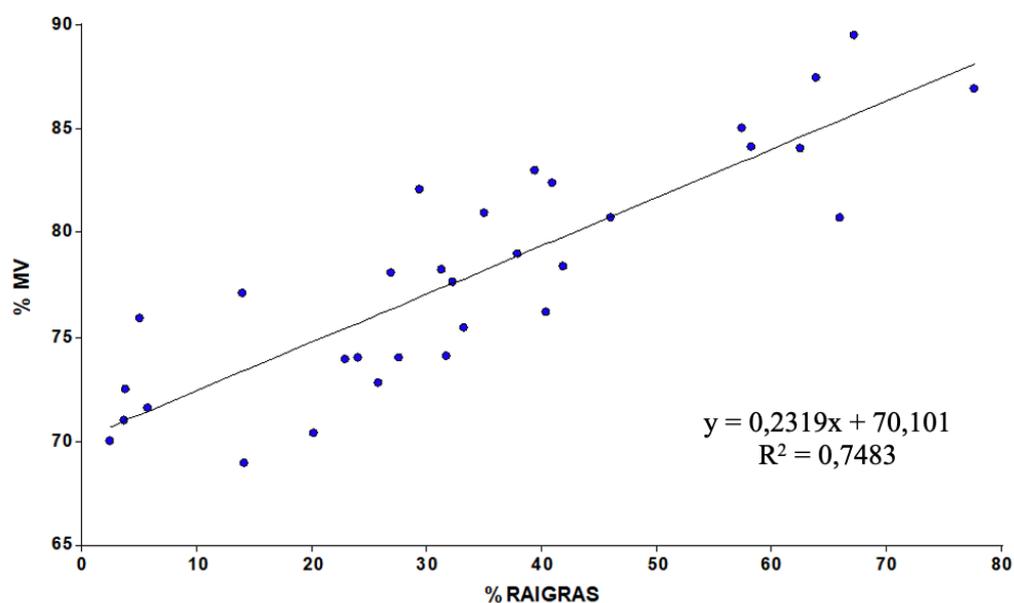
En cuanto a la contribución que realiza el raigrás en la materia seca disponible, puede llegar a tener un gran aporte de hasta 54%. Se observó que en los tratamientos con agregado de fertilizante nitrogenado es donde se da esa mayor contribución y difieren estadísticamente con respecto al testigo. Cabe destacar que, dentro de estos, el tratamiento 60 N no presenta diferencias significativas respecto al CNM, como si presenta el tratamiento 120 N. Por último, el tratamiento CNM tampoco presenta diferencias significativas con el CN. Como corolario, podemos decir que la presencia de *Lolium multiflorum* se ve incrementada debido al agregado de fertilizante nitrogenado. Estos resultados pueden ser ratificados con los contrastes realizados donde el contraste 1 ( $p$ -valor = 0,0008) denota una mayor proporción de raigrás de los tratamientos respecto al testigo. Por otra parte, el contraste 2 ( $p$ -valor = 0,0246) indica una superioridad por parte de los tratamientos nitrogenados mostrando un resultado diferente al presentado en la tabla 29 donde no se diferencia al CNM con el tratamiento 60 N.

Los valores obtenidos en cuanto a la contribución porcentual del raigrás concuerdan con lo observado por Cardozo et al. (2008) y Duhalde y Silveira (2018), donde registran que los tratamientos fertilizados con N presentan mayor participación de gramíneas invernales anuales, destacando que sucesivas aplicaciones de N generan una tendencia a la anualización de las especies que conlleva a una degradación del tapiz vegetal. En este sentido Zanoniani et al. (2011) concluyen que dosis de 150 kg N/ha a 9% de OF constante, provoca una reducción en la biodiversidad con un aumento en las especies anuales exóticas, como por ejemplo, *Lolium multiflorum*.

Por otra parte, Millot et al. (1987) comentan que en el caso que la productividad de la especie anual sea menor a las especies que suplantán, el porcentaje de las mismas puede ser tomado como un índice de degradación, pero en el caso del raigrás, éste puede ser un complemento de alta productividad y calidad invernal.

### Figura No. 6

Relación entre la contribución porcentual de raigrás con él % MV



Debido a que se observa una misma tendencia en el comportamiento del % MV y % raigrás, se procedió a realizar un análisis de regresión lineal entre estas variables para conocer su relación. El resultado encontrado fue estadísticamente significativo ( $p$ -valor=  $<0,0001$ ) con un  $R^2$  ajustado de 0,75 indicando que el 75 % del aumento del % MV se debe al aumento en la contribución porcentual realizada por el raigrás.

**Tabla No. 30**

*Contribución porcentual de los diferentes grupos funcionales estivales en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo*

Tratamiento	% PET	% PEF	% PEO	% PED
CN	10,44 a	1,19	12,76 a	4,01
CNM	6,84 b	0,71	5,98 b	1,88
60 N	5,44 b	0,93	0,45 b	0,74
120 N	4,76 b	1,63	1,14 b	0,20

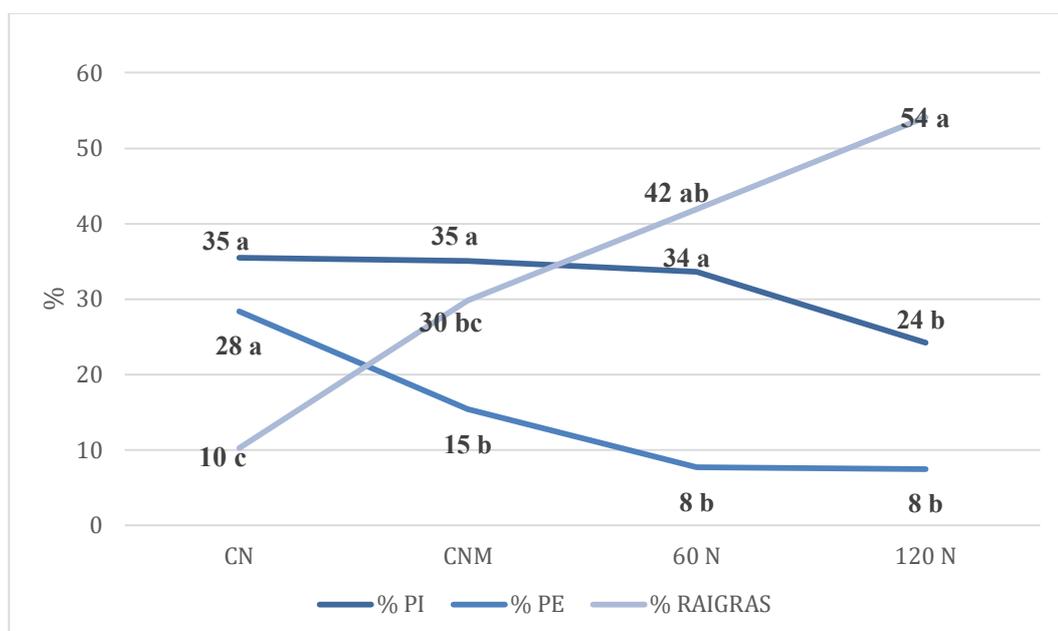
*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Para las variables analizadas en la tabla 30, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos para % PEF y % PED, pero si se registran diferencias para % PET ( $p$ -valor = 0,0013) y % PEO ( $p$ -valor = 0,0025).

En cuanto a las especies perennes estivales tiernas y ordinarias, podemos ver que el tratamiento testigo es quien presenta una mayor contribución. A su vez, se observa que para ambos grupos funcionales, los tratamientos con agregado externo de insumos no presentan diferencias significativas entre ellos. Esto es esperable según la información encontrada por Berretta et al. (2001), Rodríguez Palma et al. (2004) y Boggiano et al. (2004), donde al aumentar el nivel trófico del suelo, tanto con fertilización nitrogenada como con el mejoramiento, se ven promovidas especies estivales e invernales (C3) de mayor valor forrajero a expensas de la contribución que realizan las especies de menor valor forrajero como las PEO y PED. Dado a que las mediciones se realizaron en las estaciones de otoño e invierno es esperable ese menor aporte de las estivales respecto a las invernales que se observa en ambas tablas.

En lo que respecta a los contrastes para las variables PET y PEO, el contraste 1 ratifica la diferencia entre el testigo con el resto de los tratamientos. El contraste 2 para estas variables indica una superioridad por parte el CNM respecto a los tratamientos nitrogenados con un  $p$ -valor = 0,0748 y  $p$ -valor = 0,0370 para PET y PEO respectivamente, difiriendo con lo presentado en la tabla 30. Por otra parte, para el caso de la variable PED el contraste 1 expone que hay una diferencia significativa a favor del testigo respecto a los tratamientos, también difiriendo con lo presentado en la tabla 30.

**Figura No. 7**  
 Contribución porcentual de raigrás, perennes invernales y estivales a la MS disponible



Como se observa en la figura 7, la presencia de *Lolium multiflorum* se ve incrementada debido al agregado de fertilizante nitrogenado diferenciándose estos tratamientos del testigo, donde su contribución a la MS disponible puede llegar a ser de hasta 54% en el tratamiento 120 N. Cabe destacar que, dentro de estos, el tratamiento 60 N no presenta diferencias significativas respecto al CNM, como si presenta el tratamiento 120 N. Por último, el tratamiento CNM tampoco presenta diferencias significativas con el CN.

Esto confirma lo mencionado por Duhalde y Silveira (2018), Zanoniani et al. (2011), Cardozo et al. (2008) y Millot et al. (1987) quienes reportaron cambios en la biodiversidad del tapiz debido al agregado de fertilizante nitrogenado generando una anulación del tapiz.

Estos resultados pueden ser ratificados con los contrastes realizados donde el contraste denota una mayor proporción de raigrás de los tratamientos respecto al testigo. Por otra parte, el contraste 2 indica una superioridad por parte de los tratamientos nitrogenados mostrando un resultado diferente al presentado donde no se diferencia al CNM con el tratamiento 60 N.

En cuanto a las especies perennes estivales, se puede ver que la contribución de las mismas a la MS disponible se ve reducida en los tratamientos de intensificación, siendo el tratamiento testigo quien presenta el mayor valor. Mientras que en las perennes invernales el único tratamiento que se diferencia es el 120 N quien presenta la menor contribución.

**Tabla No. 31**

*Contribución porcentual de especies leguminosas no nativas y nativas en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo*

Tratamiento	% LEG no nativas	% LEG nativas
CN	0,03	1,61
CNM	0,01	3,81
60 N	0,00	1,96
120 N	0,00	1,43

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Para las variables analizadas en la tabla 31, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la contribución porcentual de leguminosas no nativas y nativas a la materia seca disponible. A su vez, se puede observar que el aporte de estas a la disponibilidad de forraje es considerado bajo. Esta falta de diferencia estadística entre tratamientos también se registra en los contrastes analizados.

Asimismo, se puede ver que en el CNM, aun con el agregado de fósforo, las leguminosas sembradas no se diferencian significativamente del resto de los tratamientos en cuanto al porcentaje que representan. Esto es explicado según Jaurena et al. (2005) por una baja persistencia que presentan las especies foráneas introducidas debido a su baja adaptabilidad al ambiente respecto a las especies nativas viéndose perjudicadas con la competencia. En este sentido, Mas (1992) señala que a mayor competencia y agresividad de las especies autóctonas del tapiz natural a mejorar, las posibilidades de que las leguminosas introducidas prosperen son menores. Se debe tener en cuenta que el *Lotus tenuis* presenta ciclo vegetativo primavera-estivo-otoñal, y que el *Trifolium pratense* es una especie bienal que presenta un ciclo vegetativo otoño-invierno-primaveral.

En este caso no se observó lo mencionado por Royo y Mufarrege (1969), Castro (1969), Symonds y Salaberry (1978) y Millot et al. (1987), quienes manifiestan que la fertilización fosfatada además de lograr aumentos en la producción de forraje, produce un cambio en la composición botánica provocando mejoras significativas en los niveles de leguminosas. A pesar de esto, si analizamos la variable leguminosas nativas en términos absolutos se observa una tendencia a que el tratamiento CNM sea el que presente una mayor contribución a la producción forrajera en consecuencia del agregado de fertilizante fosfatado.

**Tabla No. 32**

*Cobertura porcentual de suelo desnudo (% SD), malezas de campo sucio (% MCS), Cyperaceae y hierbas enanas y menores (% HE y HM) en la materia seca disponible, para los distintos tratamientos en el total del periodo*

Tratamiento	% HE y HM	% MCS	% Cyperaceae	% SD
CN	12,7	14,3	6,2	3,7
CNM	11,0	13,7	1,7	2,9
60 N	11,1	15,0	2,3	2,8
120 N	8,6	14,1	2,7	3,2

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Para las variables analizadas en la tabla 32, no se observan diferencias estadísticas significativas para ninguno de los tratamientos. Esto coincide con los contrastes encontrados para las variables % HE y HM, % MCS y % SD, aun así, para el contraste 1 se encuentra una tendencia a favor del tratamiento testigo en cuanto al % SD. Por otro lado, para el caso de Cyperaceae el contraste 1 presenta diferencia significativa ( $p\text{-valor} = 0,0404$ ) a favor del testigo.

En términos absolutos se observa mayor aporte de Cyperaceae, hierbas enanas y hierbas menores para el tratamiento testigo, pudiendo verse suprimidas por otras especies de valor forrajero cuando se agrega insumos externos en los otros tratamientos.

Aun así, se puede observar que el agregado externo de insumos no beneficia estas variables, pudiéndose decir que no hay un efecto de sustitución sobre el tapiz vegetal debido a la pérdida de especies de mayor valor productivo. Esto es similar a lo encontrado por Berretta et al. (2001), Rodríguez Palma et al. (2004) y Boggiano et al. (2004), quienes observaron que las malezas de campo sucio parecen no aumentar su participación en los tratamientos fertilizados. En contraposición a lo encontrado en el presente trabajo en cuanto a las hierbas enanas y menores, estos autores destacan que a pesar de que las hierbas enanas se encuentran en baja frecuencia, estas aumentan su participación en potreros bajo fertilización y principalmente en invierno.

## 6.2.2.2 Análisis de la composición botánica por estación

**Tabla No. 33***Porcentaje de material verde según estación*

Estación	% MV
Otoño	75,49 b
Invierno	80,49 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Como se observa en la tabla 33, existen diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,0001) para las estaciones evaluadas en cuanto al % MV. Esto podría estar explicado por la finalización de ciclo en las especies estivales hasta otoño, y el crecimiento vegetativo de las especies invernales desde otoño hasta invierno.

**Tabla No. 34***Contribución porcentual de los distintos grupos funcionales de especies perennes estivales en la MS disponible, según estación*

Estación	% PET	% PEF	% PEO	% PED
Otoño	9,59 a	1,76 a	6,22	2,28
Invierno	4,15 b	0,46 b	3,94	1,13

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Para el caso de las gramíneas perennes estivales clasificadas según su grupo funcional, las que presentan diferencias significativas entre estaciones según su contribución a la materia seca disponible son las PET ( $p$ -valor = 0,0001) y PEF ( $p$ -valor = 0,0298). En cambio, no se detectaron diferencias significativas para los grupos PEO y PED.

Los datos obtenidos son los esperados, donde se observa una disminución en la contribución porcentual de las especies perennes estivales a medida que avanza el año y comienzan los meses más fríos. Tanto el grupo PET como el grupo PEF presentan un comportamiento similar, observándose mayores valores para la estación de otoño, disminuyendo para el invierno con una diferencia significativa. A pesar de la falta de significancia en los grupos PEO y PED, en términos absolutos se observa una superioridad en el otoño comparado con el invierno, ocurriendo una disminución de 37 % y 50 % de estos grupos respectivamente.

**Tabla No. 35**

*Contribución porcentual de los distintos grupos funcionales de especies perennes invernales en la MS disponible, según estación*

Estación	% PIF	% PIT	% PIO	% PID	% Raigrás
Otoño	34,14 a	0,09 b	0,02 b	0,00	27,83 b
Invierno	27,88 b	1,61 a	0,40 a	0,28	40,25 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

A excepción de las PID, todas las especies perennes invernales como también el raigrás, presentan diferencias significativas entre estaciones. Observando una mayor presencia porcentual en otoño del grupo PIF diferenciándose significativamente ( $p$ -valor = 0,0064), en cambio para los demás grupos ocurre un aumento significativo en el aporte que realizan para la estación del invierno.

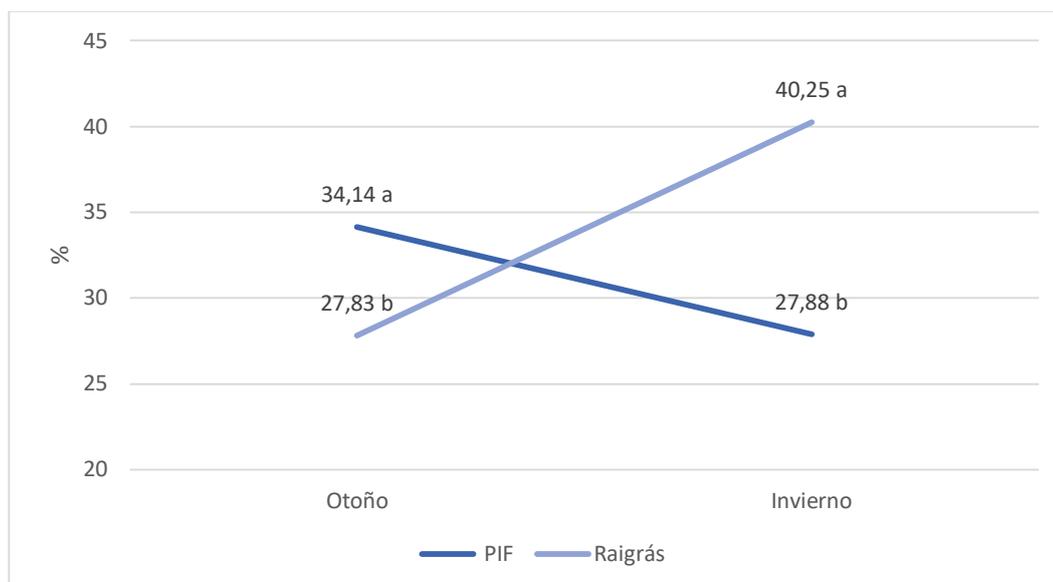
En cuanto a la contribución porcentual del raigrás, se puede observar que se encontraron diferencias significativas entre estaciones ( $p = 0,0001$ ), donde se registra una clara superioridad para la estación invernal. Esto es lo esperado ya que se trata de una especie invernal con baja producción otoñal donde su pico de producción se encuentra volcada hacia el invierno y primavera.

Respecto al bajo aporte realizado por los grupos funcionales PIO y PID, se puede decir que es algo deseado buscando la mejor calidad del alimento para los animales bajo pastoreo. Esto no sería deseado para el caso de las PIT.

A continuación, se presenta gráficamente en la figura 6 el comportamiento del % raigrás y % PIF para cada estación evaluada, a modo de facilitar el análisis.

**Figura No. 8**

*Contribución porcentual de especies perennes invernales finas (PIF) y raigrás a la MS disponible, según estación*



En la figura 8 se observa un cambio de ranking en lo que respecta a PIF y raigrás para las distintas estaciones, donde en la estación de otoño el grupo funcional PIF presenta un mayor aporte porcentual respecto al raigrás, siendo esto revertido para el invierno donde el raigrás toma valores muy superiores a los presentados en otoño y el grupo de PIF toma valores inferiores a los del raigrás y a los que tenía en la estación de otoño. Este cambio en el aporte porcentual se da por un efecto de sustitución.

**Tabla No. 36**

*Eficiencia de utilización de nitrógeno según tratamiento y estación*

	Eficiencia de uso de N (kg MS/kg N)	
	60 unidades de N	120 unidades de N
Otoño	10,2	0,4
Invierno	18,4	12,4
Total del período	29	13

Debido a la falta de significancia observada entre los tratamientos 60 N y 120 N en cuanto a la MS producida, se realizó el cálculo de la eficiencia de uso del nitrógeno para dichos tratamientos. Como se observa en la tabla 36, hay una mayor eficiencia en el uso del N en el caso del tratamiento 60 N en comparación al 120 N tanto para la totalidad del periodo como entre las estaciones. A su vez, se constató una mayor eficiencia en la estación de invierno en relación al otoño debido a un cambio botánico, ya que se da un fuerte aumento en la contribución porcentual del raigrás para la estación invernal.

Se debe destacar que el nitrógeno es un nutriente costoso, por lo tanto, cuanto más eficientemente sea su utilización mejor va a ser el resultado productivo de la empresa además de generar un menor impacto en el ambiente.

Estos datos se asemejan a los encontrados por Zanoniani (2009) quien registra eficiencias de 16 kg MS/ kg N para la estación invernal bajo intensidades altas de pastoreo y dosis elevadas de N. Además, estos valores son similares a los datos encontrados por Rebuffo (1994) quien observó eficiencias de 10 a 20 kg MS/kg N para otoño - invierno en pasturas mezclas de avena y raigrás. Por otro lado, difieren con lo encontrado por Ayala y Carámbula (1994) quienes reportan eficiencias de 1,5 kg MS/ kg N para la estación de invierno con dosis de 80 kg N/ha. Estas diferencias se deben a una alta variación de la capacidad de respuesta relacionada a la composición botánica original del campo natural y pone en evidencia la necesidad del conocimiento de las especies nativas y los grupos funcionales presentes en cada pastura.

**Tabla No. 37**

*Cobertura porcentual de hierbas enanas y menores (% HE y HM), Cyperaceae, malezas de campo sucio (% MCS) y suelo desnudo (% SD) en la materia seca disponible, según estación*

Estación	% HM y HE	% Cyperaceae	% MCS	% SD
Otoño	10,17	4,62 a	15,28 a	3,31
Invierno	11,50	1,81 b	13,24 b	3,04

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Para las variables analizadas en la tabla 37, se puede observar que se encontraron diferencias significativas entre estaciones para el caso del % Cyperaceae ( $p$ -valor = 0,0440) y para %MCS ( $p$ -valor = 0,0683). Por otro lado, para las variables % HM y HE, y % SD no se encontraron diferencias significativas para las estaciones analizadas.

En el caso de las MCS se registró una fuerte presencia de especies estivales tales como *Sida rhombifolia* y *Sida spinosa* consideradas en este trabajo como MCS, pudiendo explicar esa superioridad del otoño con respecto al invierno. Por otro lado, también se observó la presencia de *Carduus sp.* y *Senecio grisebachii*, ambas especies invernales que contribuyen al % MCS.

**Tabla No. 38**

*Contribución porcentual de especies leguminosas no nativas y nativas en la materia seca disponible, según estación*

Estación	% LEG no nativa	% LEG nativa
Otoño	0,01	1,83
Invierno	0,01	2,58

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Como se puede ver en la tabla 38, no se registran diferencias significativas en las estaciones evaluadas para ambas variables. A su vez, estas presentan muy bajo aporte porcentual, siendo las leguminosas nativas las que contribuyen en mayor medida a la MS disponible.

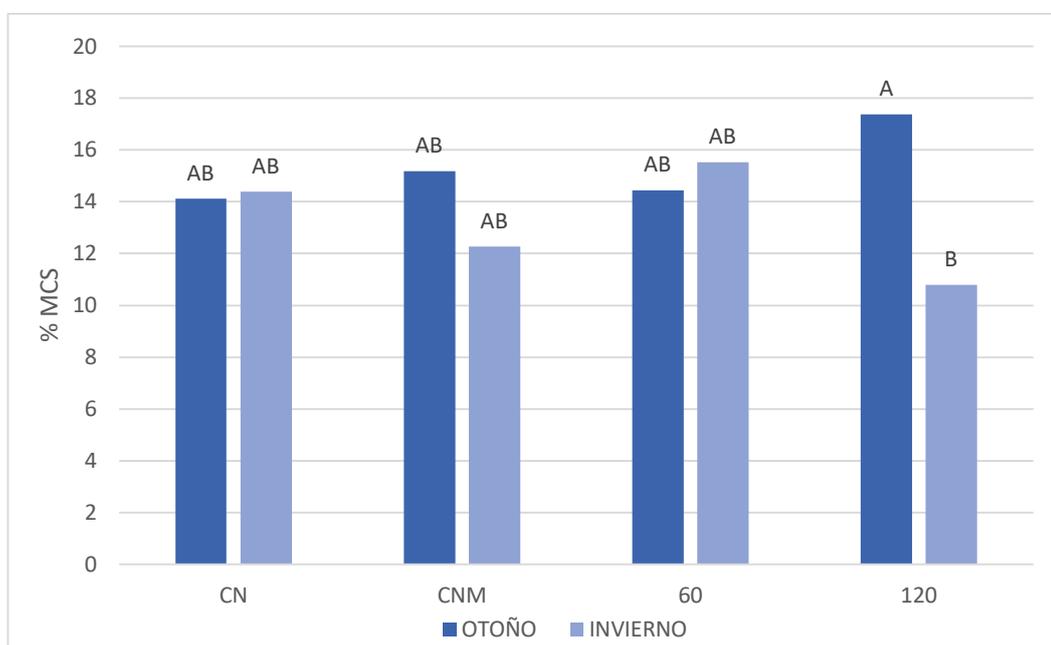
La especie que explica principalmente el % de leguminosas nativas es *Medicago lupulina*, que se trata de una especie invernal, por lo tanto, a pesar de no observarse diferencias significativas entre las estaciones, en términos absolutos se puede ver que el invierno presenta cierta superioridad con respecto al otoño.

6.2.2.3 Efecto de la interacción tratamiento por ciclo en función de variables de composición botánica.

A continuación, se muestra gráficamente las variables que presentan significancia al efecto interacción tratamiento por ciclo, evaluadas en base a las MS disponible.

**Figura No. 9**

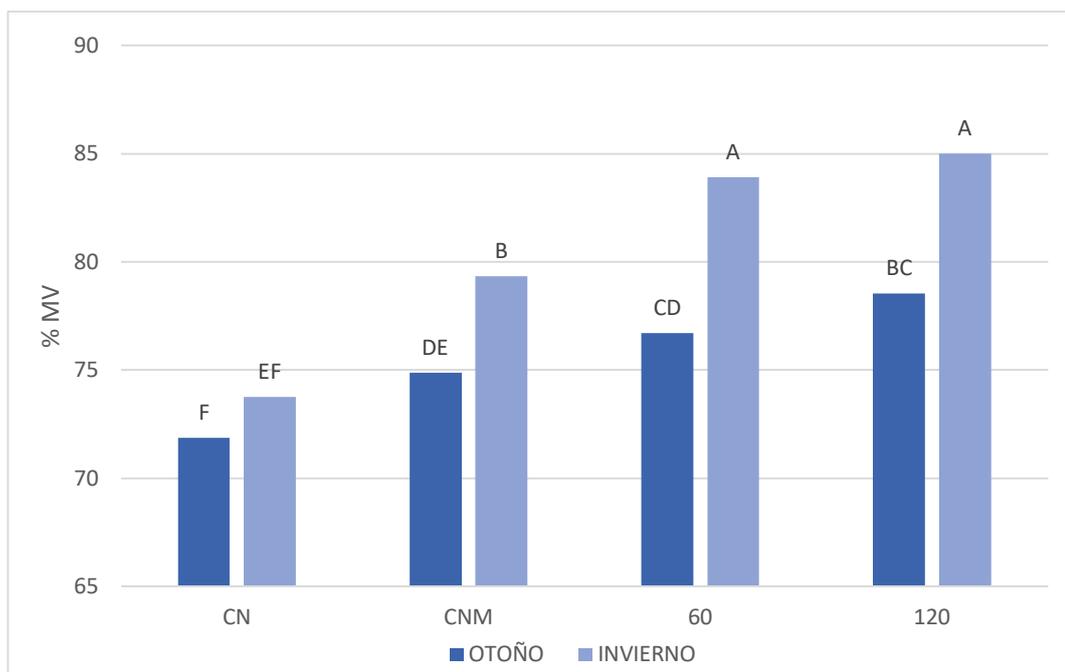
*Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de MCS presentada en porcentaje*



Analizando el efecto de la interacción sobre la contribución porcentual de MCS al total de la MS disponible, observamos que a excepción del tratamiento 120 N, los demás tratamientos no presentan diferencias significativas para ambas estaciones. Respecto a el tratamiento 120 N, se observa una superioridad significativa para la estación de otoño en comparación al invierno, redundando en una menor contribución para el invierno, siendo esto último favorable en términos productivos.

**Figura No. 10**

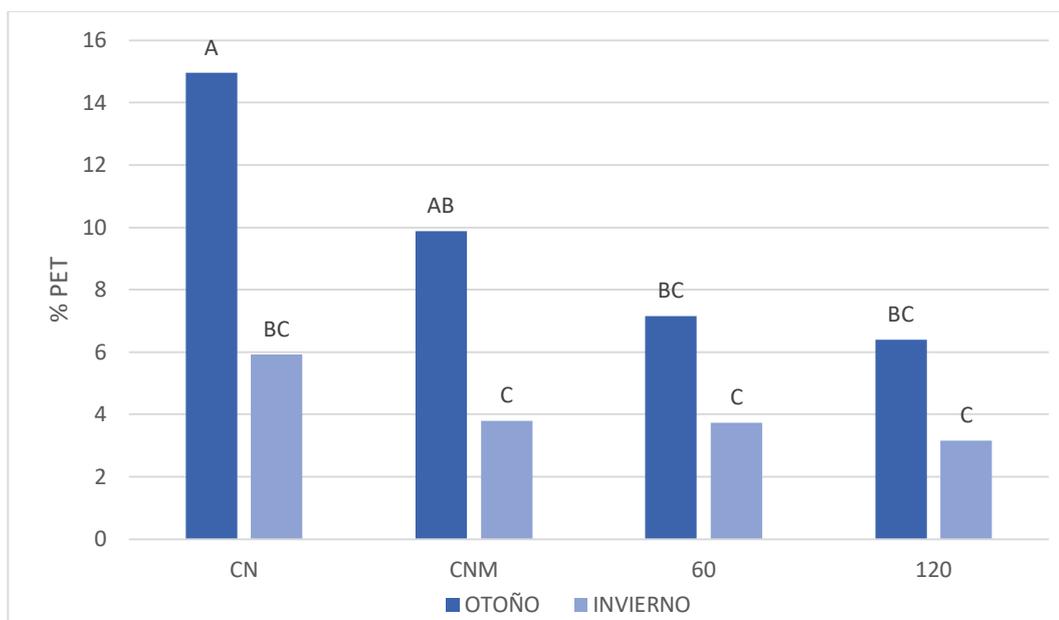
*Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de MV presentada en porcentaje*



Como se observa en la figura 10, existe diferencia significativa para los tratamientos debido al efecto interacción tratamiento x ciclo ( $p$ -valor = 0,0037). En este sentido, excepto en el testigo, se observa un aumento en el porcentaje de materia verde en la medida que se incrementa el grado de intensificación de una estación a la otra, destacándose el invierno sobre el otoño. Además, en los tratamientos nitrogenados se observa la misma magnitud en la interacción presentando los valores más altos.

**Figura No. 11**

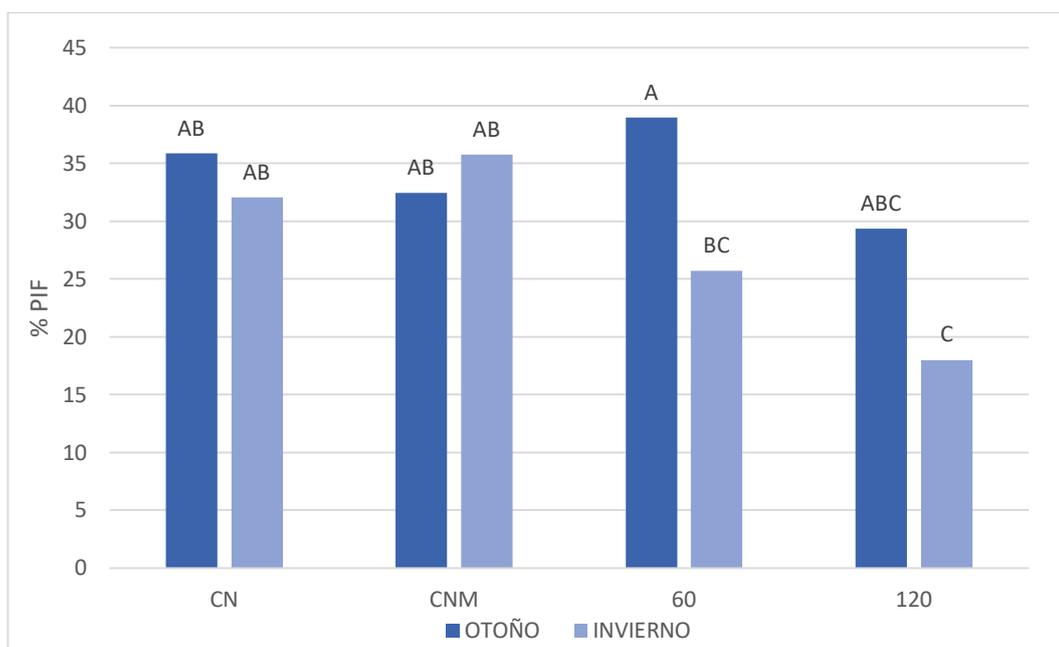
*Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de PET presentada en porcentaje*



Analizando el efecto de la interacción tratamiento x ciclo, podemos destacar que para el tratamiento testigo y el CNM para la estación de otoño existe una superioridad con respecto a la estación invernal en cuanto a la contribución porcentual de especies perennes estivales tiernas a la MS disponible. En cambio, los tratamientos nitrogenados no presentan dicha interacción.

**Figura No. 12**

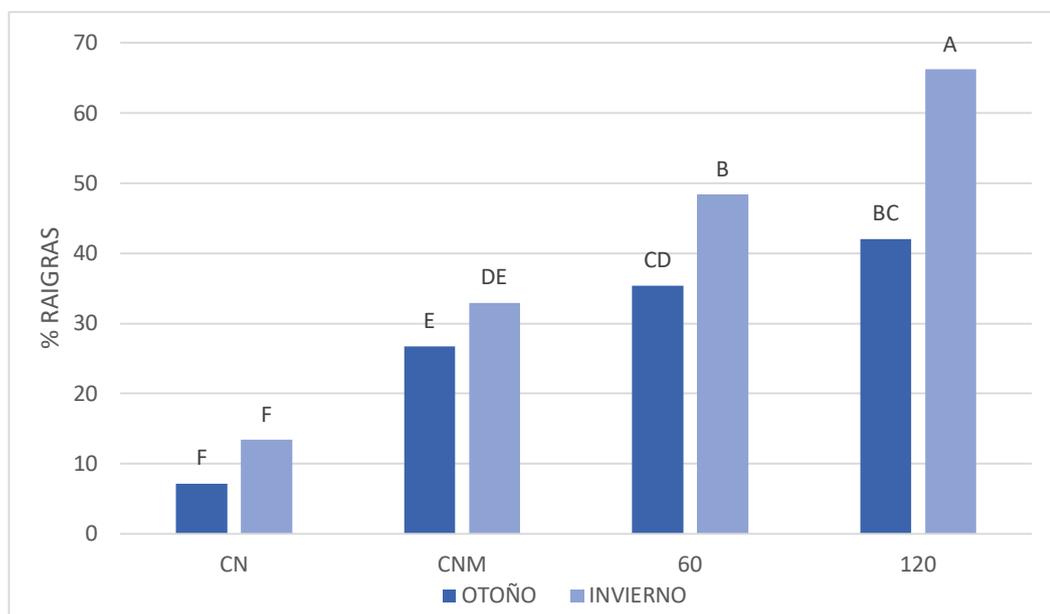
*Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de PIF presentada en porcentaje*



En relación al grupo PIF, todos los tratamientos analizados a excepción del 60 N no presentan diferencias significativas entre estaciones como se puede ver en la figura 12. En este sentido, el tratamiento 60 N en el otoño representa una superioridad en cuanto a la contribución porcentual de especies perennes invernales finas, en comparación al invierno.

**Figura No. 13**

*Efecto de la interacción tratamiento x período sobre la contribución de Raigrás presentada en porcentaje*



Como se presenta en la figura 13, podemos apreciar que, excepto en el testigo, a medida que se incrementa el grado de intensificación la contribución porcentual del raigrás a la MS disponible incrementa. Donde los tratamientos con agregado de nitrógeno son quienes presentan diferencias significativas a favor de la estación de invierno, lo cual concuerda con el ciclo productivo de esta especie. Asimismo, se ve una mayor magnitud de la interacción por parte del tratamiento 120 N.

### 6.2.3 Producción secundaria

A continuación, se presentan las variables de producción secundaria, las cuales fueron analizadas en función del efecto tratamiento, ciclo y la interacción entre ambas, como se presenta en la tabla 39.

**Tabla No. 39**

*Resumen estadístico de significancia para los efectos analizados y tres contrastes ortogonales sobre las variables oferta de forraje (OF), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) para el total del período de evaluación*

Variables	Efecto Tratamiento	Efecto Ciclo	Efecto interacción Trat. x Ciclo	Contraste		
				1	2	3
OF %	**	ns	**	ns	***	ns
GMD (kg/a/d)	*	***	ns	***	ns	ns
CT (kg/ha)	***	sd	sd	***	***	**

*Nota.* ns: no significativo; \* significativo al 10%; \*\* significativo al 5%; \*\*\* significativo al 1%; sd: sin dato. Contraste 1: Testigo vs Tratamientos; Contraste 2: CNM vs Nitrógeno; Contraste 3: Nitrógeno 60 UN vs Nitrógeno 120 UN. 3.

En relación al efecto tratamiento, se observan diferencias significativas para todas las variables analizadas. Para el efecto ciclo, se visualiza que la variable que presenta diferencias significativas es GMD. Por último, en cuanto al efecto interacción tratamiento x ciclo se aprecia que la oferta de forraje es la única variable que presenta diferencias.

En cuanto a los contrastes ortogonales, se encontraron diferencias significativas para al menos una variable en todos los contrastes analizados. En el caso del contraste 1, el cual compara el tratamiento testigo sin intervención (CN) con los tratamientos que sí presentan (CNM, 60 N, 120 N), se registró significancia en las variables GMD y CT. En cuanto al contraste 2, que compara el tratamiento CNM con los tratamientos nitrogenados (60 N y 120 N), se observaron diferencias significativas en las variables OF y CT. Por último, en el contraste 3 que compara las diferentes dosis de nitrógeno utilizadas (60 N y 120 N), se encontraron diferencias significativas para la variable CT.

#### 6.2.3.1 Análisis de la producción secundaria para el total del período

De forma subsiguiente se procede a analizar las variables de producción secundaria en función de los tratamientos, para el total del periodo.

**Tabla No. 40**

*Efecto del tratamiento sobre la oferta de forraje (OF), carga total (CT), ganancia media diaria por animal (GMD) y producción total por unidad de superficie (PT), para el total del período*

Tratamiento	OF (%)	GMD (kg/a/d)	CT (kg PV/ha)	PT (kg carne/ha)*
CN	13,75 ab	0,32 b	388,3 c	63,9
CNM	14,80 a	0,57 ab	447,5 b	116,8
60 N	9,98 b	0,64 ab	668,0 a	200,1
120 N	10,48 b	0,69 a	617,0 a	202,7

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ). PT (kg/ha)\* no presenta análisis estadístico por falta de repetición.

Para los datos presentados en la tabla 40 se destacan diferencias significativas entre los tratamientos sobre las variables OF ( $p$ -valor = 0,0206), GMD ( $p$ -valor = 0,0569) y CT ( $p$ -valor =  $< 0,0001$ ), las cuales fueron sometidas a un análisis estadístico. Además, se muestran los datos de PT para la totalidad del período.

En lo que respecta a la OF, el tratamiento CN no se diferencia del CNM ni de los tratamientos nitrogenados, los cuales tampoco presentan diferencias significativas entre sí. En cambio, se encuentra que el CNM se diferencia significativamente de los tratamientos nitrogenados, presentando una mayor OF por parte del CNM. Esta última afirmación coincide con lo obtenido en el contraste 2 ( $p$ -valor = 0,0053). Cabe destacar que la OF real para la totalidad del período es superior a la oferta objetivo, esto se debe a una falta en el ajuste de los animales volantes.

La OF manejada para el campo natural es similar a la encontrada por Nabinger et al. (2006). En el caso del CNM se estaría por encima de lo que se recomienda para los mejoramientos, aun así, se observó una baja presencia de leguminosas lo que podría llevar a utilizar OF similares al campo natural. Para el caso de los tratamientos nitrogenados estarían por encima, pudiendo manejarlos hasta 7-8% OF como si fuera un verdeo por la alta contribución del raigrás. Esto podría favorecer en el aumento de carga y aumentar la producción de peso vivo por superficie para dichos tratamientos.

Para la variable GMD, el CN no difiere estadísticamente del CNM y del 60 N, donde además, estos últimos no se diferencian del tratamiento 120 N. A pesar de esto, cuando se analizan los contrastes para esta variable, se observa que para el contraste 1 los tratamientos con intensificación son superiores estadísticamente ( $p$ -valor = 0,0078) al testigo, y si observamos el contraste 2 ( $p$ -valor = 0,5394) no se encuentran diferencias significativas, pudiendo inferir que el CNM tiende a ser similar a los tratamientos nitrogenados, diferenciándose del CN.

Esto concuerda con lo encontrado por Rodríguez Palma (1998), Gomes et al. (2000), Peirano y Rodríguez (2004), Rodríguez Palma et al. (2008a) y Gallinal et al. (2016) quienes no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados y no fertilizados respecto a la GMD.

En el caso de la CT, se puede observar una superioridad de los tratamientos con agregado de insumos respecto al testigo, asimismo, los tratamientos nitrogenados son superiores al CNM, sin diferenciarse entre ellos. Esto coincide plenamente con lo encontrado por Amir y Stancov (2020) donde destacan que el CNM soporta de forma significativa una mayor carga que el CN pero una menor carga que los tratamientos fertilizados. Lo encontrado en los contrastes 1 y 2 ratifica lo mencionado anteriormente, en cambio, el contraste 3 a diferencia de lo mostrado en la tabla 39, indica que el tratamiento 60 N fue manejado a una carga total mayor que 120 N con un p-valor = 0,0267.

La falta de significancia entre los tratamientos nitrogenados, concuerda con lo encontrado por Larratea y Soutto (2013) quienes no registraron diferencias significativas sobre la carga por efecto del agregado de nitrógeno con dosis de 60 y 114 kg N/ha para el periodo invierno/primavera. Esto difiere a lo encontrado por Zanoniani (2009), quien comenta que al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado, con una OF de 9%, se logran aumentos en la carga.

Por otra parte, observamos una superioridad promedio de 66 % en el caso de los tratamientos nitrogenados respecto al testigo, lo que coincide con lo encontrado por Rodríguez Palma et al. (2008a) quienes constatan incrementos de 66 % en la carga total debido al agregado de 100 kg N/ha.

Cuando analizamos el tratamiento CNM, encontramos coincidencias con lo mencionado por Daniell (1993) y Ayala y Bendersky (2017), quienes comentan que la utilización de fertilizante fosfatado permite aumentar la carga y la performance animal, pudiendo encontrarse una superioridad de 30% en la carga en relación al testigo sin fertilizar, desde comienzos de otoño a finales de invierno. Dicha superioridad en el presente estudio no fue de 30% sino de 15%, a pesar de esto, es posible observar la superioridad mencionada.

A pesar de no poder realizar el análisis estadístico de la variable PT a causa de falta de repetibilidad en los datos, se puede observar en términos absolutos que los tratamientos con agregado de insumos presentan una clara superioridad, de 83% para el CNM y 213% para los tratamientos nitrogenados con respecto al testigo. A su vez se aprecia que la producción total no difiere entre los tratamientos con agregado de nitrógeno, pero si estos últimos lo hacen respecto al CNM. Datos similares fueron encontrados por Rodríguez Palma (1998), quien destaca que la mayor diferencia en productividad animal por hectárea por el efecto de la fertilización nitrogenada se observó para invierno en el tratamiento N100 con una superioridad de 190% respecto a N0.

Por otra parte, analizando el tratamiento CNM, Benítez et al. (2004) registraron un aumento de 36,8% en la producción de carne por hectárea cuando compararon el tratamiento mejorado con respecto al campo natural. Cabe destacar que dicha cifra es menor a la encontrada en el presente trabajo, coincidiendo en que se logra una mayor productividad mediante el mejoramiento del tapiz natural.

Para un mejor análisis se realizó la eficiencia de uso de nitrógeno en función de la performance animal. Nuevamente podemos observar que el tratamiento 60 N es quien registra las mayores eficiencias en relación al tratamiento 120 N, con valores de 2,26 y 1,15 kg PV/kg N respectivamente.

Por lo tanto, del siguiente cuadro podemos comentar que se da un efecto combinado, donde en los tratamientos nitrogenados se da una mayor intensidad, explicado por menores ofertas obteniendo mayores cargas. A su vez, el agregado de N genera mayores producciones de forraje y mejoras en la calidad de la dieta medido como el % MV redundando en mayores GMD, principalmente en el tratamiento 120 N respecto al testigo, sin diferenciarse entre los tratamientos con agregado de insumos.

### 6.2.3.2 Análisis de la producción secundaria por estación

A continuación, se procede a analizar en detalle las variables de la producción secundaria según estación.

**Tabla No. 41**

*Ganancia media diaria (GMD) y oferta de forraje (OF), según estación*

Estación	GMD (kg/a/d)	OF (%)
Otoño	0,405 b	12,5 a
Invierno	0,715 a	12,0 a

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ).

Analizando la variable GMD, se observan diferencias significativas entre estaciones ( $p$ -valor = 0,0086), donde el invierno presenta una superioridad de 76% respecto al otoño. Esto puede estar explicado por un importante aumento en la contribución porcentual del raigrás y en menor medidas por las PIT, que genera un aumento en la calidad del forraje a cosechar por parte del animal, acompañado por un mayor porcentaje de material verde durante la estación invernal y la disminución de especies estivales que presentan un estado avanzado en su desarrollo. Estos datos son superiores a los encontrados por Risso (1997) quien registra GMD 0,220 y 0,317 kg/día sobre basalto y la región este respectivamente, para la estación de otoño. Además, este autor presenta valores de GMD para invierno de -0,171 kg/día y -0,316 kg/día para las regiones mencionadas. A diferencia de lo mencionado, en el presente trabajo se registran ganancias positivas y significativamente mayores a las otoñales.

Por otro lado, cuando analizamos la OF, observamos que no hay diferencias significativas para las estaciones bajo estudio. Donde la oferta real para ambas estaciones es superior a la oferta objetivo, encontrando valores promedios en torno a 12%. A pesar de esto último, los valores de OF son similares a los encontrados por Nabinger et al. (2000) quienes en pastizales nativos del sur de Brasil, observaron que la producción animal se maximiza con asignaciones entre 11 y 13 kg MS cada 100 kg de PV. En este sentido, Moojen y Maraschin (2002) registraron que la GMD se maximiza con ofertas de 13,4 %.

## 6.2.3.2.1 Otoño

A continuación, se analizan las variables de producción secundaria según tratamiento, para el periodo de otoño.

**Tabla No. 42**

*Efecto del tratamiento sobre la ganancia media diaria (GMD), oferta de forraje (OF) y producción animal (P) para el periodo otoñal*

Tratamiento	GMD (kg/a/d)	OF (%)	PT (kg carne/ha)*
CN	0,19 b	14,55 ab	29,3
CNM	0,34 ab	16,55 a	55,5
60 N	0,61 a	9,73 b	123,1
120 N	0,48 ab	9,15 b	103,7

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ). \*PT (kg carne/ha) no presenta análisis estadístico por falta de repetición.

Como se observa en la tabla 42, se logran mayores GMD para el tratamiento 60 N pero este no se diferencia estadísticamente de 120 N y CNM, a su vez, estos últimos tampoco difieren del CN. Para dicha variable se encuentran diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,0019) para el contraste 1 el cual compara el testigo con los tratamientos a favor de estos últimos, como también para el contraste 2 el cual se diferencia el CNM a los tratamientos nitrogenados ( $p$ -valor = 0,04) a favor de estos últimos mencionados. Esto indica que el CNM se parece más al CN que a los tratamientos nitrogenados.

Analizando la variable OF, se puede apreciar que el tratamiento testigo no presenta diferencias significativas con respecto a los tratamientos de intensificación. Por otro lado, se observa que el tratamiento CNM presenta una oferta de forraje significativamente mayor en relación a los tratamientos con agregado de fertilizante nitrogenados, los cuales no se diferencian entre sí. Cabe destacar que la OF de los tratamientos con agregado de N se asemeja más a la oferta objetivo.

En cuanto a la variable PT, a pesar de no presentar análisis estadístico, en términos absolutos podemos ver una clara superioridad de los tratamientos con agregado de insumo respecto al testigo para dicha estación. Esta superioridad es de 89% para el CNM y para el caso de los tratamientos 120 N y 60 N es de 254% y 320% respectivamente. Estos resultados reflejan que la utilización de dosis mayores a 60 unidades de N no sería justificada en términos de aumentos inmediatos en la producción de carne por unidad de superficie para esta estación.

## 6.2.3.2.2 Invierno

A continuación, se analizan las variables de producción secundaria según tratamiento para el periodo de invierno.

**Tabla No. 43**

*Efecto del tratamiento sobre la ganancia media diaria (GMD), oferta de forraje (OF) y producción animal (P) para el periodo invernal*

Tratamiento	GMD (kg/a/d)	OF (%)	PT (kg carne/ha)*
CN	0,44	13,0	34,6
CNM	0,76	13,0	61,3
60 N	0,75	11,0	77,0
120 N	0,91	11,7	99,0

*Nota.* Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,10$ ). \*PT (kg/ha) no presenta análisis estadístico por falta de repetición.

Analizando el periodo invernal, podemos ver que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para la variable GMD. Esto concuerda con lo encontrado por Duhalde y Silveira (2018) quienes no observaron diferencias significativas entre tratamientos para el periodo invernal. A pesar de esto, en términos absolutos el tratamiento 120 N presenta una superioridad en la ganancia de 106% con respecto al testigo, mientras que los tratamientos CNM y 60 N presentan una superioridad de 70%. Estos datos podrían demostrar un efecto positivo al agregado de insumos con respecto al testigo frente a una misma oferta.

Para el caso de la OF no se registraron diferencias significativas entre tratamientos.

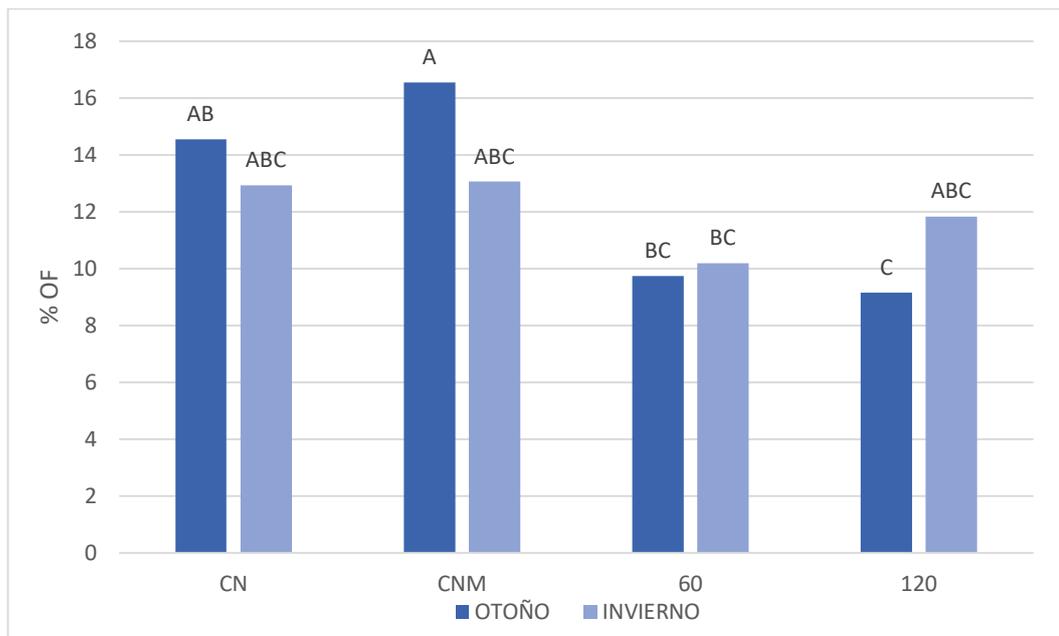
En cuanto a la PT en términos absolutos hay diferencias entre los tratamientos en comparación al testigo. A su vez, podemos hablar de una tendencia a mejoras en la producción total de carne a medida que aumenta el grado de intensificación, algo que no se encontró durante el periodo otoñal. Dicha tendencia se confirma con mejoras de 77%, 122% y 186% de los tratamientos CNM, 60 N y 120 N respectivamente, en comparación al testigo.

## 6.2.3.3 Efecto de la interacción tratamiento por estación en función de la oferta de forraje.

A continuación, se presenta gráficamente en la figura 14 la interacción de la oferta de forraje en función del tratamiento por estación ya que la misma presenta diferencias significativas con  $p\text{-valor} = 0,0876$ .

**Figura No. 14**

*Efecto de la interacción tratamiento x estación sobre la oferta de forraje (% OF)*



Analizando el efecto de la interacción entre tratamiento y estación, según la oferta de forraje, observamos que no hay diferencias significativas entre estaciones dentro de cada tratamiento.

## 7. CONSIDERACIONES FINALES

Para el total del periodo, los tratamientos con agregado de fertilizante nitrogenados presentaron una superioridad en cuanto a la MS producida y TC, no encontrándose diferencias entre las dosis de 60 N y 120 N, asimismo, el CNM presentó valores intermedios.

Para una misma MS disponible, los tratamientos nitrogenados presentaron diferencias significativas en la MS desaparecida debido a una mayor utilización respecto al testigo. Mientras que el CNM se comportó de forma intermedia en las variables MS desaparecidas y % utilización.

Los tratamientos con agregado de insumos presentaron menores contribuciones de especies PE que el testigo, sin presentar diferencias en lo que respecta a las PI. El aporte que se tornó importante es el del raigrás en el caso de los tratamientos nitrogenados que se diferenciaron del CNM y del CN. La diferencia en la composición botánica generó que el CN presentará un menor % MV que los tratamientos con agregado de insumos externos.

En lo que respecta a las MCS, HE y HM, Cyperaceae y SD no presentaron diferencias entre tratamientos siendo algo favorable. En cambio, algo que no es favorable es el muy bajo aporte que realizaron las leguminosas nativas y no nativas en todos los tratamientos.

Relacionado con la producción secundaria, se encontró para todo el período que la GMD no difirió entre los tratamientos con agregado de insumos, pero sí con el testigo. Ésta similar GMD fue sostenida a diferentes cargas entre tratamientos redundando en una elevada PT donde sobresalen los tratamientos nitrogenados sin diferenciarse entre ellos, y el CNM nuevamente se comportó de manera intermedia. El hecho de que no se diferencian los tratamientos nitrogenados conlleva a concluir que no es necesaria la utilización de 120N para lograr altas producciones, evitando así el uso injustificado de dicho nutriente, redundando en la mejora de la cuenta final, en la eficiencia de uso y en un menor impacto ambiental. Debido al comportamiento intermedio que presentó el CNM, resulta una opción interesante a tener en cuenta para aumentar las limitaciones que presenta el campo natural.

En lo que concierne a las estaciones, observamos que la MS producida es superior en el otoño en comparación al invierno, a pesar de esto, dicha superioridad no se pudo reflejar en la GMD, ya que esta es mayor en el invierno respecto al otoño. Esto es explicado por un cambio en la composición botánica, donde en el invierno ocurrió un aumento porcentual en la contribución del raigrás a expensas de las especies perennes estivales e invernales tiernas principalmente, que produjo un aumento en el %MV redundando en una mejora en la calidad del forraje a cosechar. A pesar de la superioridad del invierno en la GMD, la PT no fue superior en dicha estación, lo cual es atribuido a diferencias sustanciales en los días considerados para cada estación evaluada.

Se debe tener en cuenta varios aspectos para adecuar las medidas de intensificación en cada caso, ya que los resultados obtenidos se deben a las características particulares del lugar, es por esto, que no siempre serían esperables las respuestas obtenidas en este experimento. Por otra parte, sí es extrapolable el

manejo del pastoreo mediante OF y de esta manera controlar la frecuencia e intensidad de defoliación.

El aumento productivo en los tratamientos con agregado de insumo se debe a una historia de manejo, donde el pastoreo ha sido controlado mediante el uso de OF y pastoreo rotativo durante varios años que determinó una vegetación característica, con una elevada participación de especies invernales que son capaces de responder al agregado de nitrógeno y a las bondades del mejoramiento dado a el efecto residual luego de perderse las especies introducidas.

Además, algo a tener en cuenta es el impacto ambiental de las diferentes prácticas de intensificación llevadas a cabo en el campo natural, donde se podría pensar que la introducción de especies leguminosas tendría un menor impacto en la sostenibilidad del sistema en relación al agregado de fertilizante nitrogenado. Aun así, luego de varios años de trabajo y para la estación otoño-invernal no se han observado efectos negativos, lo cual motiva a seguir trabajando en ello.

## 8. CONCLUSIONES

La intensificación productiva del campo natural generó un cambio en la composición botánica del tapiz vegetal, promoviendo especies de mayor valor forrajero como por ejemplo *Lolium multiflorum*, en detrimento de especies perennes nativas, sin cambios en las malezas invasoras.

Este cambio permitió incrementar la producción primaria reflejándose en una mayor performance animal. Aun así, se debe considerar el impacto de la excesiva frecuencia de esta especie en la sostenibilidad del sistema.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Allegri, M. (1979). Mejoramientos de pasturas. En M. Arocena (Ed.), *2a. Jornada Ganadera de Suelos Arenosos* (pp. 8-10). CIAAB.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2434/1/112935120412161513.pdf>
- Allegri, M., Arocena, M., & Formoso, F. (1975). *Producción de pasturas en suelos arenosos: Reunión con productores lecheros*. CIAAB.
- Allen, V., Batello, C., Berretta, E., Hodgson, J., Kothman, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson, M. (2011). *Terminología internacional para tierras de pastoreo y animales en pastoreo*. International Grasslands Congress.
- Altamirano, A., Da Silva, H., Durán, A., Echevarría, A., Panario, D., & Puentes, R. (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Vol. 1. Clasificación de suelos del Uruguay*. MAP.
- Altesor, A., Ayala, W., & Paruelo, J. M. (2011). *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429020511100111.pdf>
- Altesor, A., Di Landro, E., May, H., & Ezcurra, E. (1998). Long-term species changes in a Uruguayan grassland. *Journal of Vegetation Science*, 9(2), 173-180.
- Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F., & Rodríguez, C. (2005). Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology*, 179(1), 83-91. <https://doi.org/10.1007/s11258-004-5800-5>
- Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Rodríguez, C., Leoni, E., Baeza, S., & Paruelo, J. M. (2005). El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas: ¿Qué sabemos y cómo podemos usar ese conocimiento para manejarlas mejor? En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (pp. 21-32). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf>
- Amir, I., & Stancov, M. (2020). *Respuesta invierno-primaveral en producción primaria a diferentes intervenciones sobre campo natural* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/31856/1/AmirCuf%c3%a9Iv%c3%a1n.pdf>

- Anfuso, V., Caram, N., & Casalás, F. (2016). *Efecto de la fertilización y mejoramiento del campo natural sobre el comportamiento en pastoreo de novillos Holando* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí.  
[https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19689/1/TS\\_AnfusoEtcheverryValent%C3%ADn\\_CaramFern%C3%A1ndezVillanuevaNicol%C3%A1s\\_Casal%C3%A1sMouri%C3%B1oFelipe.pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19689/1/TS_AnfusoEtcheverryValent%C3%ADn_CaramFern%C3%A1ndezVillanuevaNicol%C3%A1s_Casal%C3%A1sMouri%C3%B1oFelipe.pdf)
- Ayala, W., & Bendersky, D. (2017). Modificaciones de la productividad del campo natural vía incorporación de especies y nutrientes: Oportunidades y consecuencias. En W. Ayala, P. Boggiano, & O. Álvarez (Eds.), *Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur: Tomando un camino de oportunidades para una producción ganadera sustentable* (pp. 14-23). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7112/1/Grupo-Campo-2017.pdf>
- Ayala, W., & Bermúdez, R. (2005). Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de lomadas en la región este. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (pp. 41-50). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf>
- Ayala, W., & Carámbula, M. (1994). Nitrógeno en campo natural. En A. Morón & D. F. Risso (Coords.), *Nitrógeno en pasturas* (pp. 33-42). INIA.
- Ayala, W., & Carámbula, M. (1995). Evaluación productiva de mejoramientos extensivos sobre suelos de lomadas en la región este. En M. Carámbula, W. Ayala, G. Scaglia, & H. Saravia (Eds.), *Mejoramientos extensivos: Manejo y utilización* (pp. 26-35). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10887/1/Ad-75.pdf>
- Barcellos, J. M., Severo, H. C., Acevedo, A. S., & Macedo, W. (1980). Influência da adubação e sistemas de pastejo na produção de pastagens naturais. En *Pastagens: Adubação e fertilidade do solo* (pp. 3-11). EMBRAPA.  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195694/1/Barcellos-et-al-1980.pdf>
- Bemhaja, M. (1994). Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. En A. Morón & D. F. Risso (Coords.), *Nitrógeno en pasturas* (pp. 49-56). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8379/1/111219220807121938-p.49-56.pdf>
- Bemhaja, M. (1996). Producción de pasturas en basalto. En D. F. Risso, E. J. Berretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 231-240). INIA.

- Bemhaja, M. (1998a). Caracterización de mejoramiento de campo bajo diferentes cargas con novillos durante tres años. En E. J. Berretta (Ed.), *Seminario de actualización en tecnologías para basalto* (pp. 83-90). INIA.
- Bemhaja, M. (1998b). Mejoramiento de campo: Manejo de leguminosas. En E. J. Berretta (Ed.), *Seminario de actualización en tecnologías para basalto* (pp. 53-61). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7812/1/ST-102-53-61.pdf>
- Bemhaja, M. (2006). Productividad forrajera de comunidades de campo natural. En M. Bemhaja & O. Pittaluga (Eds.), *30 Años de investigación en suelos de areniscas INIA Tacuarembó* (pp. 33-38). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429250309101451.pdf>
- Bemhaja, M., & Berretta, E. J. (1994). Respuesta a la siembra de leguminosas en basalto profundo. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 103-114). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
- Bemhaja, M., Berretta, E. J., & Brito, G. (1998). Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en basalto profundo. En E. J. Berretta (Ed.), *Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo campos: Anales* (pp. 119-122). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807103205.pdf>
- Benítez, C., Fernández, J. G., Pizzio, R. F., & Pallarés, O. R. (2004). *Mejoramiento y carga animal de un campo natural de la provincia de Corrientes*. Sitio Argentino de Producción Animal.  
[https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20naturales/61-mejoramiento\\_y\\_carga\\_corrientes.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/61-mejoramiento_y_carga_corrientes.pdf)
- Berretta, E. (1998). Efecto del pastoreo y de la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. En E. Berretta (Ed.), *Seminario de actualización de tecnología para Basalto* (pp. 91-97). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630011107100024.pdf>
- Berretta, E. (2003). Aspectos de manejo del campo natural. En *Seminario: El campo natural y la empresa ganadera* (pp. 29-32). Instituto Plan Agropecuario.

- Berretta, E. (2009). Algunos aspectos sobre la biodiversidad de los campos naturales. *Revista INIA*, (20), 21-25.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/955/1/18429220710092759.pdf>
- Berretta, E., Risso, D., & Bemhaja, M. (2001). Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de basalto. En D. Risso & E. Berretta (Eds.), *Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay* (pp. 1-37). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630031107111008.pdf>
- Berretta, E., Risso, D., Levratto, J. C., & Zamit, W. (1998). Mejoramiento de campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. En E. Berretta (Ed.), *Seminario de actualización de tecnología para basalto* (pp. 63-73). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630011107100024.pdf>
- Boggiano, P., Nabinger, C., Cadenazzi, M., & Maraschin, G. (2011). The impact of grazing intensity on photosynthetically active radiation absorbed by a fertilized natural pasture. En S. Feldman, G. Oliva, & M. Sacido (Eds.), *IX International Rangeland Congress: Diverse rangeland for sustainable society* (p. 645). INTA; AAMPN.
- Boggiano, P., Zanoniani, R., Cadenazzi, M., & Medeiros, J. C. (2004). Respuesta invernal del campo natural a la fertilización nitrogenada y oferta de forraje en producción y composición del disponible. En S. Saldanha, M. Bemhaja, E. Moliterno, & F. Olmos (Eds.), *Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo campos: Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas: Memorias* (pp. 296-297). Universidad de la República. [http://www.grupo-campos.org/wp-content/uploads/2019/11/Proceedings-Grupo-Campos\\_2004.pdf](http://www.grupo-campos.org/wp-content/uploads/2019/11/Proceedings-Grupo-Campos_2004.pdf)
- Boggiano, P., Zanoniani, R., & Millot, J. (2005). Respuesta del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (pp. 105-113). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf>
- Boldrini, I. I., Maraschin, G. E., & Riboldi, J. (1993). Dynamics of the vegetation of a natural pasture under different levels of forage-on-offer and soil types. En International Grassland Congress & New Zealand Grassland Association (Eds.), *Proceedings of the XVII International Grassland Congress* (pp. 1919-1920).

- Bossi, J. (1969). *Geología del Uruguay*. Universidad de la República.
- Carámbula, M. (1978). Producción de Pasturas. En Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (Ed.), *Pasturas IV* (2ª ed., pp. 7-10).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4799/1/miscelanea-18.pdf>
- Carámbula, M. (1991). *Aspectos relevantes para la producción forrajera*. INIA.
- Carámbula, M. (1992a). Manejo otoño-invernal de un mejoramiento extensivo. En C. Mas, M. Carámbula, R. Bermúdez, W. Ayala, & E. Carriquiry (Eds.), *Mejoramientos extensivos en la región este: Resultados experimentales 1991-92* (pp. 60-72). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
- Carámbula, M. (1992b). Mejoramientos extensivos: Fundamentos. En C. Mas, M. Carámbula, R. Bermúdez, W. Ayala, & E. Carriquiry (Eds.), *Mejoramientos extensivos en la región este: Resultados experimentales 1991-92* (pp. 12-16). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
- Carámbula, M. (1994). Actualización de información tecnológica sobre pasturas en producción extensiva. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 7-11). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
- Carámbula, M. (1996). *Pasturas naturales mejoradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2002). *Pasturas y forrajes: Vol. 1. Potenciales y alternativas para producir forraje*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2003). *Pasturas y forrajes: Vol. 2. Insumos, implantación y manejo de pasturas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2008). Conclusiones integradoras. En R. Bermúdez & W. Ayala (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Fertilización fosfatada de pasturas en la región este* (pp. 131-133). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429240309123740.pdf>

- Cardozo, G., Reyno, R., Ayala, W., Cuadro, R., Fernández, P., Berretta, A., Jaurena, M., & Lattanzi, F. A. (2017). Is phosphorus a limiting factor for the productivity of Campos grasslands? En C. Porqueddu, A. Franca, G. Lombardi, G. Molle, G. Peratoner, & A. Hopkins (Eds.), *Grassland resources for extensive farming systems in marginal lands: Major drivers and future scenarios* (pp. 302-304). Instituto Sistema Producciones Animales in Ambiente Mediterraneo.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6788/1/Congreso-Pasturas-2017-Cardozo.pdf>
- Cardozo, R., Kunrath, T., Boggiano, P., Zanoniani, R., & Cadenazzi, M. (2008). Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural. En W. Ayala, F. Lezama, E. Barrios, M. Bemhaja, H. Saravia, D. Formoso, & P. Boggiano (Eds.), *Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur: Grupo campos: Bioma campos: Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad: Memorias* (p. 183). INIA.
- Carriquiry, M. (2011). Cadena de la carne vacuna. En M. Vasallo (Ed.), *Dinámica y competencia intrasectorial en el agro: Uruguay 2000-2010* (pp. 35-51). Universidad de la República.
- Castro, E. (1969). Respuesta de la pastura natural a la fertilización. En Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (Ed.), *Producción y conservación de forraje* (pp. 86-93).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5923/1/UY.CIAAB.MISC.ELANE.1969.n.7.pdf>
- Cayley, J. W. D., & Bird, P. R. (1996). *Techniques for measuring pastures* (2<sup>nd</sup> ed.). Pastoral and Veterinary Institute.
- Daniell, D. (1993). The long-term use of nitrogen fertiliser in intensive hill country farming. *Journal of New Zealand Grasslands*, 55, 59-61.  
<https://doi.org/10.33584/jnzg.1993.55.2063>
- Del Pino, A., Lezama, F., Pezzani, F., & Parodi, G. (2021). Persistencia de efectos a largo plazo de la fertilización fosfatada y la introducción de leguminosas en pastizales del Uruguay. *Agriscientia*, 38(1), 99-109.  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/26856/34001>
- Díaz Rossello, R. (1992). Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. *Revista INIA de Investigaciones Agronómicas*, 1(1), 27-35.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8835/1/15630031207141001.pdf>
- Dirección Nacional de Recursos Generales. (s.f.). *Coneat*. MGAP.  
<http://web.renare.gub.uy/js/visores/coneat/>

- Do Carmo, M., Espasandin, A., Bentancor, D., Olmos, F., Cal, V., Scarlato, S., Carriquiry, M., & Soca, P. (2013). Cambios en la oferta de forraje y su efecto sobre la productividad primaria y secundaria de sistemas criadores con diversos grupos genéticos bajo pastoreo de campo natural. En P. Soca, A. Espasandin, & M. Carriquiry (Eds.), *Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural* (pp. 43-54). INIA.  
[http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/fpta%2048\\_2013.pdf](http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/fpta%2048_2013.pdf)
- Duhalde, M. E., & Silveira, M. I. (2018). *Efecto de la fertilización nitrogenada y mejoramiento de campo natural sobre la productividad invierno-primaveral* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20913/1/DuhaldeOderaMar%c3%adaEugenia.pdf>
- Durán, A. (1985). *Los suelos del Uruguay* (Vol. 1). Hemisferio Sur.
- Fernández, L., Frattini, M., & Urchoegua, N. (2022). *Productividad primavero estival de campo natural, campo natural mejorado con leguminosas y fósforo o fertilizado con nitrógeno y fósforo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Gaggero, C., & Risso, D. (1997). Utilización de mejoramientos extensivos en Cristalino. En Institución Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Mejoramiento de campos en Cristalino* (pp. 25-32).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10931/1/SAD-153P25-32.pdf>
- Galli, J. R., Cangiano, C. A., & Fernández, H. H. (1996). *Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/15-ingestivo\\_y\\_consumo\\_bovinos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf)
- Gallinal, J. M., García Pintos, R., & García Pintos, F. (2016). *Respuesta a los niveles de intervención de un campo natural sobre la producción primaria y secundaria* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí.  
[https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19683/1/TS\\_GallinalArriarJuan%20Mart%c3%adn\\_Garc%c3%adaPintosBerissoRamiro\\_Garc%c3%adaPintosFern%c3%andezFernando.pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19683/1/TS_GallinalArriarJuan%20Mart%c3%adn_Garc%c3%adaPintosBerissoRamiro_Garc%c3%adaPintosFern%c3%andezFernando.pdf)
- Gallinal, J. P., Bergalli, L. U., Campal, E. F., Aragone, L., & Rosengurtt, B. (1938). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay*. Germano Uruguaya.

- Garín, D., Machado, A., & Rinaldi, C. (1993). *Performance de novillo Holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural con Lotus corniculatus en cobertura* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Gomes, L. H., Carvalho, P. C. de F., Nabinger, C., & Maraschin, G. E. (2000). Produtividade animal de um campo nativo submetido a fertilização nitrogenada. En A. de Moraes, P. C. de F. Carvalho, S. B. C. Lustosa, S. J. Alves, M. W. do Canto, A. Bona Filho, & J. C. Dittrich (Eds.), *Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul: Zona campos: Dinâmica da vegetação em ecossistemas pastoris* (pp. 123-125). Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras.
- Hacker, J. B., & Minson, D. J. (1981). The digestibility of plant parts. *Herbage Abstracts*, 51(9), 459-482.
- Hodgson, J. (1984). Sward conditions, herbage allowance and animal production: An evaluation of research results. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 44, 99-104.  
<http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1984/ab84025.pdf>
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*.  
<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Jaurena, M., Antúnez, J., Díaz, S., Zago, R., Ribas, C., & Rodríguez, F. (2015). Efectos de la fertilización NP en el contenido de fósforo del forraje del campo natural. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de divulgación: Manejo de la fertilización de pasturas, forrajes y campo natural bajo riego suplementario* (pp. 17-20).  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/sad%20742%20Riego.pdf>
- Jaurena, M., Giorello, D., Antúnez, J., Díaz, S., Sosa, M., Zago, R., Silveira, M., Suarez, M., & Albornoz, A. (2015). Efectos de la fertilización NP en la producción de forraje del campo natural en condiciones de riego y seco. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de divulgación: Manejo de la fertilización de pasturas, forrajes y campo natural bajo riego suplementario* (pp. 9-15).  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/sad%20742%20Riego.pdf>
- Jaurena, M., Lezama, F., Salvo, L., Cardozo, G., Ayala, W., Terra, J., & Nabinger, C. (2016). The dilemma of improving native grasslands by overseeding legumes: Production intensification or diversity conservation. *Rangeland Ecology & Management*, 69(1), 35-42.  
<https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.10.006>

- Jaurena, M., Mayans, M., Punschke, K., Reynor, R., Millot, J. C., & Labandera, C. (2005). Diversidad simbiótica en leguminosas forrajeras nativas: Aportes para el mejoramiento sustentable del campo natural. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (pp. 9-14). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf>
- Johnston, A., Smoliaz, S., Smith, A., & Lutwick, L. (1969). Seasonal precipitation, evaporation, soil moisture and yield of fertilized range vegetation. *Canadian Journal Plant Science*, 49(2), 123-128.  
<https://cdsciencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjps69-023>
- Lambers, H., Brundrett, M. C., Raven, J. A., & Hopper, S. D. (2011). Plant mineral nutrition in ancient landscapes: High plant species diversity on infertile soils is linked to functional diversity for nutritional strategies. *Plant Soil*, 348(1-2), 7-27. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0977-6>
- Larratea, F., & Soutto, J. P. (2013). *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1758/1/3892lar.pdf>
- Lemaire, G. (1997). The physiology of grass growth under grazing: Tissue turnover. En J. A. Gomide (Ed.), *Anais Do Simposio Internacional Sobre Producao Animal Em Pastejo* (pp. 117-144). Universidade Federal de Vicosa.
- Lüscher, A., Suter, M., Finn, J., Collins, R., & Gastal, F. (2014). *Quantification of the effect of legume proportion in the sward on yield advantage and options to keep stable legume proportions (over climatic zones relevant for livestock production)*. Animal Chance. <https://hal.science/hal-01611404/document>
- Madeira de Quadros, W. (2019). *Efectos de la fertilización primavero-estival nitrógeno – fosfatada y del riego suplementario en la productividad y eficiencia de uso de nutrientes del campo natural* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibrí.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29801/1/MadeiradeQuadrosWilliam.pdf>
- Maraschin, G. E., Moojen, E. L., Escosteguy, C. M. D., Correa, F. L., Apezteguia, E. S., Boldrini, I. I., & Riboldi, J. (1997). Native pasture, forage on offer and animal response. En J. G. Buchanan-Smith, L. D. Bailey, & P. McCaughey (Eds.), *Proceedings of the XVIII International Grassland Congress* (pp. 27-28). International Grassland Congress.

- Mas, C. (1992). Mejoramientos extensivos: Antecedentes. En C. Mas, M. Carámbula, R. Bermúdez, W. Ayala, & E. Carriquiry (Eds.), *Mejoramientos extensivos en la región este: Resultados experimentales 1991-92* (pp. 1-11). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4130/1/Mejoramientos-Extensivos-en-la-Region-Este-1992.pdf>
- Mas, C., Bermúdez, R., & Ayala, W. (1994a). Crecimiento de las pasturas naturales en dos suelos de la región este. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 59-67). INIA.  
<http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
- Mas, C., Bermúdez, R., & Ayala, W. (1994b). Fertilización fosfatada en mejoramientos extensivos en dos suelos de la región este del país. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 83-90). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
- Millot, J. C., Risso, D., & Methol, R. (1987). *Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas de ganadería extensiva*. MAP.
- Millot, J. C., & Saldanha, S. (1998). Productividad en pasturas naturales sobre basalto medio. En E. J. Berretta (Ed.), *Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo campos: Anales* (pp. 167-170). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807103205.pdf>
- Molfino, J. H., & Califra, A. (2001). *Agua disponible de las tierras del Uruguay: Segunda aproximación*. MGAP.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807174344.pdf>
- Moojen, E. L., & Maraschin, G. E. (2002). Potencial productivo de una pastagem nativa do rio grande do sul submetida a níveis de oferta de forragem. *Ciência Rural*, 32(1), 127-132. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100022>
- Morón, A. (1992). El fósforo en el sistema suelo-planta. *Revista INIA de Investigaciones Agronómicas*, 1(1), 45-60.  
<http://www.inia.org.uy/sitios/lesis/fertilizacion/IA%20Tomo%20I%20Art.%204.pdf>

- Morón, A. (1994). El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. En A. Morón & D. F. Risso (Coords.), *Nitrógeno en pasturas* (pp. 21-32). INIA. <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121938.pdf>
- Morón, A. (1996a). El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. En D. F. Risso, E. J. Berretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 21-32). INIA.
- Morón, A. (1996b). El fósforo en los sistemas productivos: Dinámica y disponibilidad en el suelo (I). En A. Morón, D. Martino, & J. Sawchik (Eds.), *Manejo y fertilidad de suelos* (pp. 37-44). INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135249.pdf>
- Nabinger, C., Dall'Agno, M., & de Faccio Carvalho, P. C. (2006). Biodiversidade e produtividade em pastagens. En C. G. Silveira Pedreira, J. C. de Moura, S. C. da Silva & V. P. de Paria (Eds.), *As pastagens e o meio ambiente: Anais do 23º Simpósio sobre Manejo da Pastagem* (pp. 37-86). FEALQ. <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/forragens/artigos/BIODIVERSIDADE%20E%20PRODUTIVIDADE%20EM%20PASTAGENS.pdf>
- Nabinger, C., & De Faccio Carvalho, P. (2009). Ecofisiología de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su Sustentabilidad. *Agrociencia*, 13(3), 18-27. <https://beta.acuedi.org/book/5520>
- Nabinger, C., De Faccio Carvalho, P., Cassiano, E., Mezzalira, J. C., Martins Brambilla, D., & Boggiano, P. (2011). Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿Es posible mejorarlos con más productividad? *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 19(3-4), 27-34.
- Nabinger, C., De Moraes, A., & Maraschin, G. E. (2000). Campos in southern Brazil. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, & P. Carvalho (Eds.), *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 355-376). CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851994529.0355>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias (2022). *Anuario estadístico agropecuario 2022*. MGAP. [https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O\\_MGAP\\_Anuario\\_estad%C3%ADstico\\_%202022-DIGITAL.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O_MGAP_Anuario_estad%C3%ADstico_%202022-DIGITAL.pdf)
- Olmos, F. (1994). Mejoramiento de pasturas naturales región noreste. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 91-102). INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>

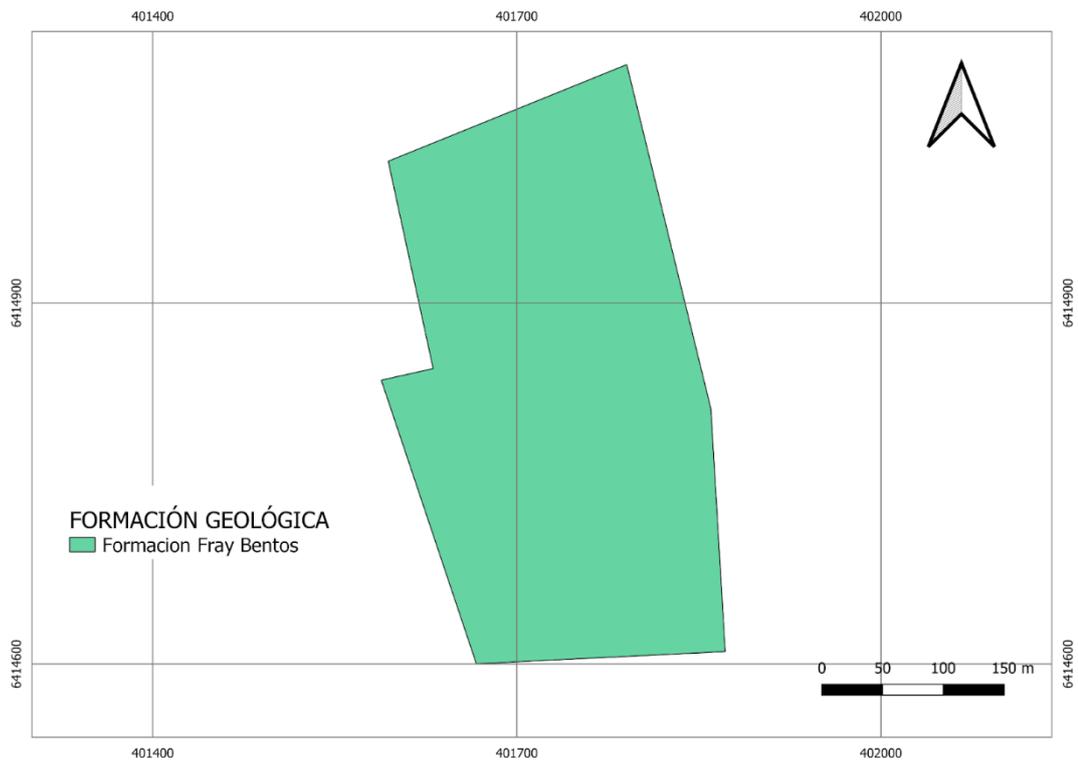
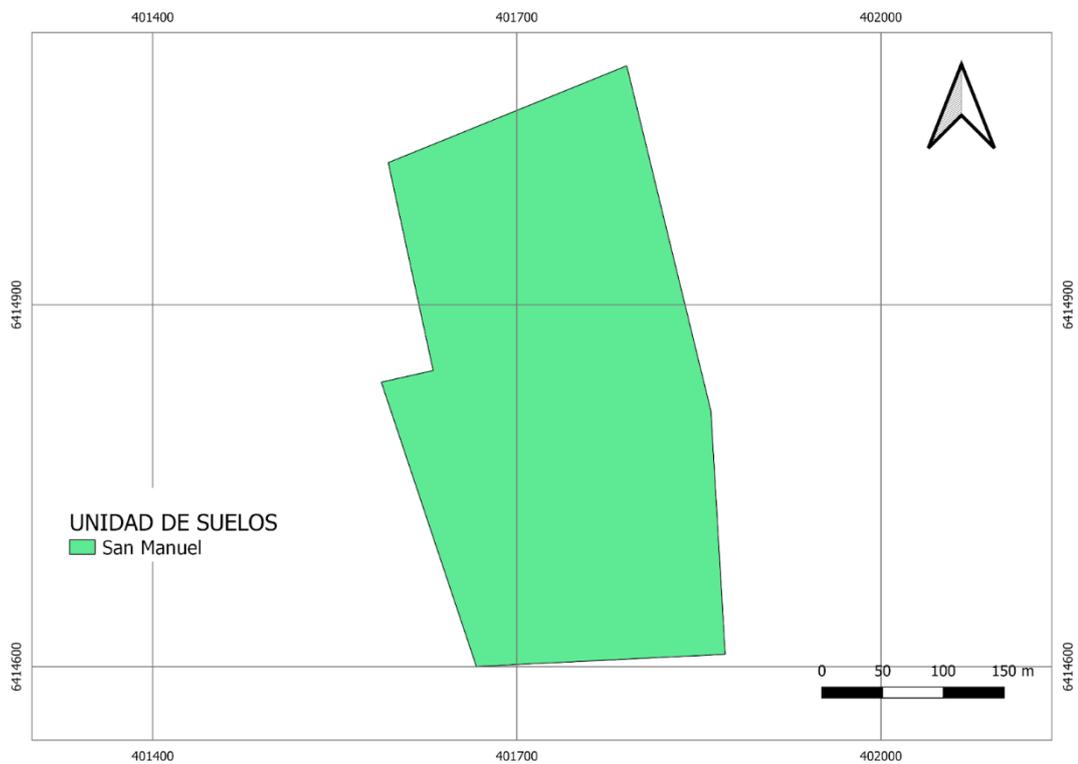
- Peirano, M. E., & Rodríguez, A. D. (2004). *Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período otoño-invernal* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/25481/1/PeiranoPuigvertMar%c3%adaElena.pdf>
- Rebuffo, M. (1994). Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. En A. Morón & D. F. Risso (Coords.), *Nitrógeno en pasturas* (pp. 27-32). INIA.
- Risso, D. F. (1994). Siembras en el tapiz: Consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 71-82). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
- Risso, D. F. (1997). Producción de carne sobre pasturas. En D. Vaz Martins (Ed.), *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 1-6). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2989/1/15630291007152242.pdf>
- Risso, D. F. (1998). Mejoramientos extensivos en el Uruguay. En E. J. Berretta (Ed.), *Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo campos: Anales* (pp. 23-29). INIA.
- Risso, D. F. (2005). Prólogo. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (p. 7). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf>
- Risso, D. F., Berretta, E. J., Zarza, A., & Cuadro, R. (2002). Productividad, composición y persistencia de dos mejoramientos de campo para engorde de novillos en la región de cristalino. En D. F. Risso & F. Montossi (Eds.), *Mejoramientos de campo en la región de cristalino: Fertilización y producción de carne de calidad y persistencia productiva* (pp. 3-31). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141215.pdf>
- Risso, D. F., & Scavino, J. (1978). Región Centro Sur. En Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (Ed.), *Pasturas IV* (2ª ed., pp. 33-47).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4799/1/miscelanea-18.pdf>

- Rodríguez Palma, R. (1998). *Fertilización nitrogenada de un pastizal de la pampa deprimida: Crecimiento y utilización del forraje bajo pastoreo de vacunos* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Rodríguez Palma, R., Rodríguez, T., Andión, J., & Vergnes, P. (2008a). Fertilización de campo natural: Respuesta en producción animal. En W. Ayala, F. Lezama, E. Barrios, M. Bemhaja, H. Saravia, D. Formoso, & P. Boggiano (Eds.), *Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo campos: Bioma campos: Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad: Memorias* (p. 175). INIA.
- Rodríguez Palma, R., Rodríguez, T., Andión, J., & Vergnes, P. (2008b). Fertilización de campo natural: Respuesta en producción de forraje. En W. Ayala, F. Lezama, E. Barrios, M. Bemhaja, H. Saravia, D. Formoso, & P. Boggiano (Eds.), *Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo campos: Bioma campos: Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad: Memorias* (p. 175). INIA.
- Rodríguez Palma, R., Saldanha, S., Andión, J., & Vergnes, P. (2004). Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto: 1. Producción de forraje. En S. Saldanha, M. Bemhaja, E. Moliterno, & F. Olmos (Eds.), *Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo campos: Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas: Memorias* (pp. 298-299). Universidad de la República. [http://www.grupo-campos.org/wp-content/uploads/2019/11/Proceedings-Grupo-Campos\\_2004.pdf](http://www.grupo-campos.org/wp-content/uploads/2019/11/Proceedings-Grupo-Campos_2004.pdf)
- Rook, A., & Tallowin, J. (2003). Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research*, 52(2), 181-189. <https://hal.science/hal-00889966/document>
- Rosengurtt, B. (1979). *Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay*. Universidad de la República.
- Royo, O., & Mufarrege, D. (1969). *Respuesta de la pradera natural a la incorporación de nitrógeno, fósforo y potasio*. INTA.
- Sánchez, M. (2015). *Respuesta a la fertilización fosforada en campo natural con presencia de Lotus tenuis en el partido de Olavarría - Cuenca del Salado – Provincia de Buenos Aires* [Trabajo final de grado, Universidad Católica Argentina]. Repositorio Institucional UCA. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/434/1/doc.pdf>
- Scaglia, G. (1995). Aspectos nutricionales en el uso de los mejoramientos. En M. Carámbula, W. Ayala, G. Scaglia, & H. Saravia (Eds.), *Mejoramientos extensivos: Manejo y utilización* (pp. 19-25). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10887/1/Ad-75.pdf>

- Sharpley, A. N., & Menzel, R. G. (1987) The impact of soil and fertilizer phosphorus on the environment. *Advances in Agronomy*, 41, 297- 324.  
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60807-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60807-X)
- Soca, P., Espasandin, A., & Carriquiry, M. (2013). Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. En P. Soca, A. Espasandin, & M. Carriquiry (Eds.), *Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural* (pp. 9-12). INIA.  
[http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/fpta%2048\\_2013.pdf](http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/fpta%2048_2013.pdf)
- Solari, L. (2001). Nitrógeno en pasturas y cultivos: Productos químicos y biológicos para una agricultura sostenible. *Revista del Plan Agropecuario*, (95), 40-44.  
[https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R95/R95\\_40.htm](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R95/R95_40.htm)
- Symonds, R., & Salaberry, S. (1978). Región litoral-oeste. En Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (Ed.), *Pasturas IV* (2ª ed., pp. 85-104).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4799/1/miscelanea-18.pdf>
- Tothill, J. C., Hargreaves, J. N. G., Jones, R. M., & McDonald, C. K. (1992). *BOTANAL: A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition: 1. Field sampling*. CSIRO.
- Vaz Martins, D. (1994). Actualización de la información tecnológica en producción animal. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 7-11). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
- Woledge, J., & Pearse, P. J. (1985). The effect of nitrogenous fertilizer on the photosynthesis of leaves of a ryegrass sward. *Grass and Forage Science*, 40(3), 305-309.
- Zamalvide, J. (1998). Fertilización de pasturas. En E. J. Berretta (Ed.), *Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo campos: Anales* (pp. 97-107). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807103205.pdf>
- Zanoniani, R. (1999). Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. *Cangüé*, (15), 13-17.

- Zanoniani, R. (2009). *Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibrí.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1790/1/0025zan.pdf>
- Zanoniani, R., Boggiano, P., & Cadenazzi, M. (2011). Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. *Agrociencia (Uruguay)*, 15(1), 115-124.
- Zanoniani, R., Zibil, S., Ernst, O., & Chilibroste, P. (2004). Manejo del pastoreo y producción de forraje: Resultados del monitoreo realizado durante el año 2003. En Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" & Cooperativa Nacional de Productores de Leche (Eds.), *Proyecto interacción alimentación-reproducción: Informe final 2003* (pp. 25-34).

## 10. ANEXO

**Figura A1***Mapa de la formación geológica presente en área experimental***Figura A2***Mapa de la unidad de suelo presente en área experimental*

**Tabla A1**

*Caracterización climática para la serie histórica (1991-2020) y para el período 2022 para la EEMAC.*

	T°C promedio (2022)	T°C promedio (1991-2020)	PP (2022)	PP (1991-2020)
Marzo	19,2	22,4	204,6	112
Abril	17,2	18,9	181,6	154
Mayo	12,9	15,4	59,8	109
Junio	9,4	12,6	17,7	72
Julio	13,4	12	75,4	55
Agosto	12,1	13,9	39,2	75
Setiembre	14,1	15,4	60,6	79
Octubre	17	18,4	77,4	121

**Tabla A2**

*Balance hídrico calculado para 117,3 mm de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo para cada mes de evaluación.*

Mes	Precipitación (mm)	ETP (mm)	P-ETP	Alm	Var Alm	ETR	Def	Exc	% Almacenamiento
3	205	96	109	117	0	96	0	109	100
4	182	79	103	117	0	79	0	103	100
5	60	59	1	117	0	59	0	1	100
6	18	43	-25	95	-23	18	25	0	81
7	75	47	28	117	23	47	0	6	100
8	39	69	-30	91	-26	39	30	0	78
9	61	91	-31	70	-21	61	31	0	60
10	77	128	-50	46	-24	77	50	0	39

*Nota.* Localidad: Paysandú; Año: 2018-2019; Lámina: 117,3 mm; Unidad de suelo: San Manuel.

**Tabla A3**

*Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria promedio.*

		MS Disponible	MS producida	Tasa de Crecimiento
CV (%)		15,20	42,66	41,55
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados		
Modelo	22	10191822,83	31491400,29	7138,02
Bloque	3	329511,90	3783075,33	631,36
Tratamiento	3	1408732,12	3681580,33	928,93
Ciclo	1	0,48	1588385,76	148,61
Bloq*Trat	9	4308551,78	2887645,61	722,59
Bloq*Ciclo	3	2037297,06	17386045,3	4142,19
Trat*Ciclo	3	2107729,50	2164667,68	564,34
Error	9	2461582,00	3037988,31	675,26
Total	31	12653404,83	34529388,60	7813,28

**Tabla A4**

*Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria promedio.*

		MS presente	Altura Disponible	MS remanente	Altura remanente
CV (%)		14,29	56,02	16,93	7,01
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados			
Modelo	22	6906706,6	1524,16	7157389,58	45,51
Bloque	3	78347,8	78,35	2002169,98	24,51
Tratamiento	3	910025,2	299,83	1391247,74	4,26
Ciclo	1	83927,0	200,50	739571,22	2,8 E-03
Bloq*Trat	9	3769496,7	486,74	2310752,68	13,58
Bloq*Ciclo	3	780677,6	183,63	659977,64	2,76
Trat*Ciclo	3	1284232,3	275,12	53670,32	0,40
Error	9	1802703,8	510,27	1191750,31	2,42
Total	31	8709410,5	2034,44	8349139,88	47,93

**Tabla A5**

*Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de producción primaria promedio.*

		MS desaparecida	% utilización
CV (%)		44,44	35,28
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados	
Modelo	22	10886012,40	5441,40
Bloque	3	1253348,80	1041,13
Tratamiento	3	3189044,02	1707,48
Ciclo	1	740787,92	527,31
Bloq*Trat	9	1496691,35	595,68
Bloq*Ciclo	3	2073864,17	834,04
Trat*Ciclo	3	2132276,15	735,76
Error	9	2962447,08	1474,35
Total	31	13848459,48	6915,75

**Tabla A6**

*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción primaria promedio.*

	g.1		MS Prod	TC	MS Disp	MS Desa	% Uti
Contr. 1	1	S.C	2726195	693	1270589	2712528	1268
		p-valor	0,0172	0,0165	0,1377	0,0029	0,0018
		Dif	-674,07	-10,75	-460,18	-672,38	-14,54
Contr. 2	1	S.C	924435	231	134217	476466	433
		p-valor	0,1238	0,1240	0,6093	0,1248	0,0307
		Dif	-416,33	-6,58	158,64	-298,89	-9,02
Contr. 3	1	S.C	30949	4,74	3925	48,65	5,64
		p-valor	0,7632	0,8134	0,9298	0,9867	0,7770
		Dif	87,96	1,09	31,32	-3,49	1,19
Total	3	S.C	3681580	928,9	469577	3189044	1707

**Tabla A7**

*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de producción primaria promedio.*

	g.1		MS Pres	Alt Disp	MS Rem	Alt Rem
Contr. 1	1	S.C	562458	93,81	270130	1,0E-04
		p-valor	0,2763	0,2204	0,3318	0,9936
		Dif	-306,18	-3,95	212,18	-4,2E-03
Contr. 2	1	S.C	344712	39,60	1116269	0,65
		p-valor	0,3879	0,4143	0,0667	0,5270
		Dif	254,23	-2,73	457,49	0,35
Contr. 3	1	S.C	2854	166,4	4847	3,61
		p-valor	0,9360	0,1133	0,8937	0,1563
		Dif	26,71	-6,45	34,81	-0,95
Total	3	S.C	910025	299,83	1391247	4,26

**Tabla A8***Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de composición botánica.*

		% PEF	% PET	% PEO	% PED
CV (%)		128,18	31,72	95,35	158,10
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados			
Modelo	22	125,08	1181,50	1283,91	260,63
Bloque	3	33,19	391,62	190,81	35,76
Tratamiento	3	3,71	153,35	774,42	68,44
Ciclo	1	13,52	237,08	41,41	10,58
Bloq*Trat	9	35,64	35,45	215,46	75,34
Bloq*Ciclo	3	32,68	319,78	42,95	45,29
Trat*Ciclo	3	6,34	44,22	18,87	25,22
Error	9	18,30	42,77	211,28	65,49
Total	31	143,38	1224,26	1495,19	326,12

**Tabla A9***Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de composición botánica.*

		% PIF	% PIT	% PIO	% PID	% Raigrás
CV (%)		16,18	168,74	268,90	454,89	8,96
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados				
Modelo	22	3361,69	52,36	10,09	8,99	12987,6
Bloque	3	437,59	7,67	2,17	1,30	524,2
Tratamiento	3	589,17	1,09	1,23	1,04	8380,3
Ciclo	1	314,38	18,45	1,16	0,63	1233,8
Bloq*Trat	9	1559,49	19,46	2,37	3,68	2184,2
Bloq*Ciclo	3	115,69	5,02	1,69	1,30	234,4
Trat*Ciclo	3	345,38	0,68	1,47	1,04	430,7
Error	9	226,66	18,38	2,85	3,68	83,7
Total	31	3588,35	70,74	12,95	12,68	13071,4

**Tabla A10***Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de composición botánica.*

		% Cyper	% HE y M	% MCS	% SD	% MV
CV (%)		105,80	25,11	19,51	25,60	1,39
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados				
Modelo	22	457,72	1051,42	1266,57	22,69	928,02
Bloque	3	80,16	656,96	776,58	5,55	63,73
Tratamiento	3	100,98	65,57	6,76	3,59	379,12
Ciclo	1	63,28	14,18	33,21	0,60	200,00
Bloq*Trat	9	152,21	288,08	328,60	8,32	124,41
Bloq*Ciclo	3	53,51	11,21	48,89	2,67	127,05
Trat*Ciclo	3	7,59	15,43	72,51	1,97	33,71
Error	9	103,98	66,63	69,69	5,95	10,59
Total	31	561,70	1118,05	1336,24	28,64	938,62

**Tabla A11***Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para variables de composición botánica.*

		% LEG no nativa	% LEG nativa
CV (%)		361,07	69,81
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados	
Modelo	22	0,02	183,85
Bloque	3	9,4E-07	25,99
Tratamiento	3	3,4E-03	28,66
Ciclo	1	3,1E-04	4,50
Bloq*Trat	9	0,01	88,83
Bloq*Ciclo	3	3,4E-03	23,86
Trat*Ciclo	3	9,4E-04	12,01
Error	9	0,01	21,35
Total	31	0,03	205,20

**Tabla A12**

*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de composición botánica.*

	g.1		% PEF	% PET	% PEO	% PED
Contr. 1	1	S.C	0,06	135,61	629,35	56,73
		p-valor	0,9047	0,0002	0,0006	0,0286
		Dif	0,10	4,75	10,24	3,08
Contr. 2	1	S.C	1,69	15,99	143,18	10,55
		p-valor	0,5302	0,0748	0,0370	0,2907
		Dif	-0,56	1,73	5,18	1,41
Contr. 3	1	S.C	1,96	1,76	1,89	1,16
		p-valor	0,4995	0,5211	0,7850	0,7188
		Dif	-0,70	0,66	-0,69	0,54
Total	3	S.C	3,71	153,35	774,42	68,44

**Tabla A13**

*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de composición botánica.*

	g.1		%PIF	%PIT	%PIO	%PID	%Raigrás
Contr. 1	1	S.C	92,24	0,14	0,68	0,07	6018,3
		p-valor	0,4842	0,8031	0,1418	0,6993	0,0008
		Dif	3,92	0,15	0,34	-0,10	-31,67
Contr. 2	1	S.C	197,64	0,04	0,54	0,16	1762,9
		p-valor	0,3133	0,8937	0,1855	0,5432	0,0246
		Dif	6,09	-0,09	0,32	-0,18	-18,18
Contr. 3	1	S.C	299,29	0,90	0,01	0,81	599,0
		p-valor	0,2213	0,5344	0,8871	0,1930	0,1506
		Dif	8,65	0,48	0,04	0,45	-12,24
Total	3	S.C	589,17	1,09	1,23	1,04	8380,25

**Tabla A14**

*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de composición botánica.*

	g.1		% Cyper	% HE y M	% MCS	% SD	% MV
Contr. 1	1	S.C	96,80	35,16	1,7E-03	2,94	287,73
		p-valor	0,0404	0,3219	0,9948	0,1082	0,0014
		Dif	4,02	2,42	-0,02	0,70	-6,93
Contr. 2	1	S.C	3,58	7,13	3,52	0,05	82,69
		p-valor	0,6566	0,6482	0,7632	0,8268	0,0370
		Dif	-0,82	1,16	-0,81	-0,09	-3,94
Contr. 3	1	S.C	0,60	23,28	3,24	0,60	8,70
		p-valor	0,8547	0,4159	0,7725	0,4409	0,4479
		Dif	-0,39	2,41	0,90	-0,39	-1,48
Total	3	S.C	100,98	65,57	6,76	3,59	379,12

**Tabla A15**

*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de las variables de composición botánica.*

	g.1	% LEG no nativa	% LEG nativa	
Contr. 1	1	S.C	2,6E-03	3,76
		p-valor	0,1173	0,5524
		Dif	0,02	-0,79
Contr. 2	1	S.C	8,3E-04	23,80
		p-valor	0,3528	0,1549
		Dif	0,01	2,11
Contr. 3	1	S.C	0	1,10
		p-valor	>0,9999	0,7459
		Dif	0,0	0,53
Total	3	S.C	3,4E-03	28,66

**Tabla A16***Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para la GMD.*

GMD		
CV (%)		80,81
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados
Modelo	8	3,01
Tratamiento	3	1,22
Ciclo	1	1,13
PV inicial	1	0,04
Trat*Ciclo	3	0,17
Error	49	7,40
Total	57	10,40

**Tabla A17**

*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de la GMD.*

	g.l	GMD	
Contr. 1	1	S.C	1,16
		p-valor	0,0078
		Dif	-0,32
Contr. 2	1	S.C	0,06
		p-valor	0,5394
		Dif	-0,09
Contr. 3	1	S.C	0,01
		p-valor	0,7824
		Dif	-0,06
Total	3	S.C	1,22

**Tabla A18**

*Análisis de varianza (CV y S.C. tipo III) para la oferta de forraje y para la carga total.*

		OF	CT
CV (%)		16,76	5,14
F.V.	g.l.	Suma de cuadrados	
Modelo	6	85,23	219428,88
Tratamiento	3	68,32	214048,69
Bloque	3	16,91	5380,19
Error	9	37,94	6693,56
Total	15	123,16	226122,44

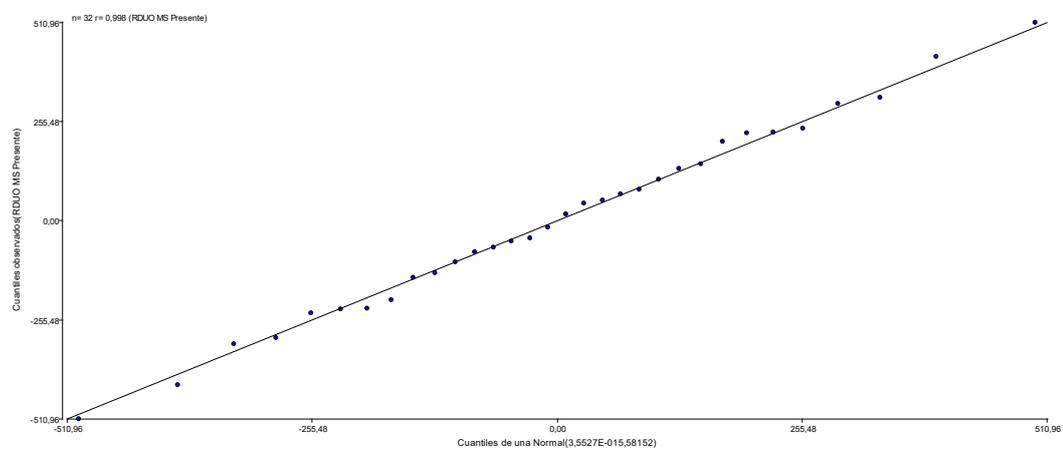
**Tabla A19**

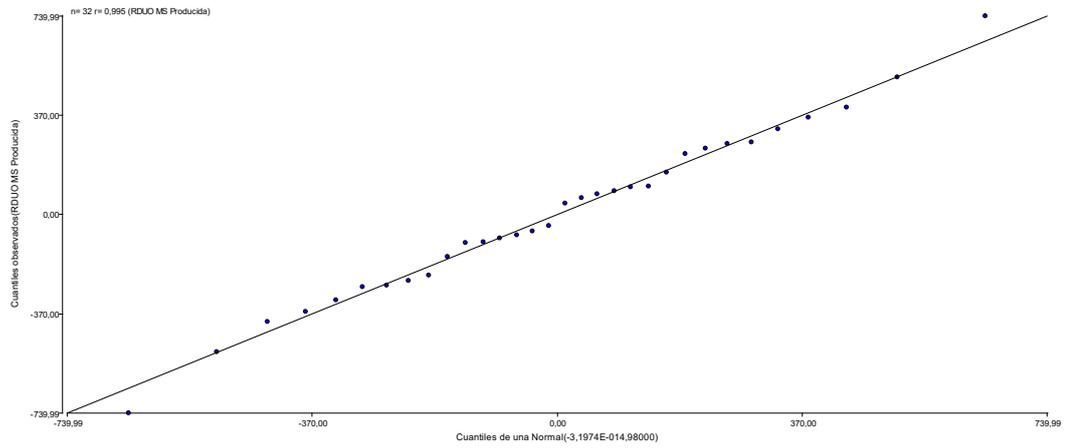
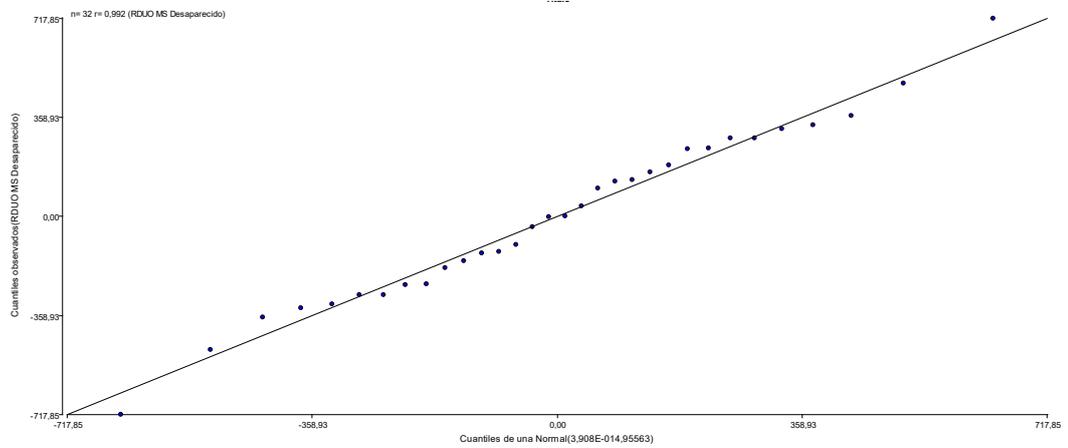
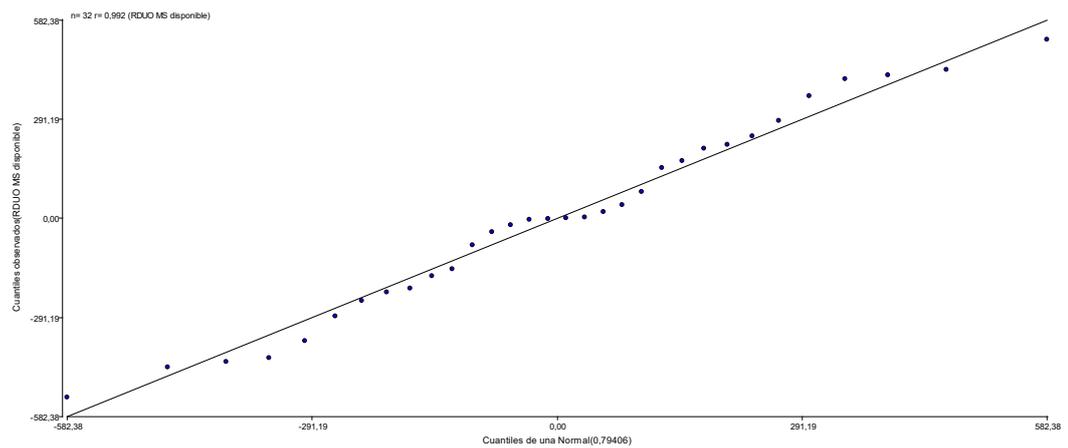
*Análisis de la varianza (S.C. tipo III) para contrastes de la OF y CT.*

	g.1	OF	CT
Contr. 1	1	S.C	12,00
		p-valor	0,1258
		Dif	2,00
Contr. 2	1	S.C	55,81
		p-valor	0,0054
		Dif	4,58
Contr. 3	1	S.C	0,50
		p-valor	0,7384
		Dif	-0,50
Total	3	S.C	68,31
			214048,69

**Figura A3.**

*Prueba Q-Q plot para la variable MS presente.*



**Figura A4.***Prueba Q-Q plot para la variable MS producida.***Figura A5.***Prueba Q-Q plot para la variable MS desaparecida.***Figura A6.***Prueba Q-Q plot para la variable la MS disponible.*

**Tabla A20.**

*Prueba de normalidad Shapiro-Wilks modificado, para las variables MS presente, MS desaparecida y MS disponible.*

Variable			n	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
RDUO	MS	Presente	32	0,00	241,15	0,98	0,9422
RDUO	MS	Desaparecido	32	0,00	309,13	0,98	0,9813
RDUO	MS	Disponible	32	0,00	281,70	0,95	0,3772

**Figura A7.**

*Prueba Levene para distintas variables de producción primaria.*

