

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO SOBRE LA
PRODUCCIÓN INVERNO-PRIMAVERAL DE UNA PRADERA DE FESTUCA
DE CUARTO AÑO**

por

Joaquín MALÁN

Deblin ZOLLINGER

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2021

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. Dr. Pablo Boggiano

Ing. Agr. María Elena Mailhos

Fecha: 28 de setiembre de 2021

Autores:

Joaquín Malán Maurin

Deblin Zollinger Pino

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a nuestras familias por el apoyo tanto económico como emocional brindado durante toda la carrera, el cual nos permitió llevar a cabo este proceso de formación.

A nuestros compañeros y amigos por la ayuda y apoyo recibido durante toda la carrera.

Al tutor de la tesis Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani por brindarnos la posibilidad de realizar este trabajo, el cual es necesario para obtener el título.

A la Lic. Sully Toledo, por su dedicación a la hora corregir el formato de la presente tesis.

Al personal del laboratorio de la EEMAC por la disposición brindada en la etapa de campo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1 <u>OBJETIVOS</u>	2
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	 3
2.1 <u>CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES UTILIZADAS</u>	3
2.1.1 <u><i>Festuca arundinacea</i></u>	3
2.1.2 <u><i>Trifolium pratense</i></u>	4
2.1.3 <u><i>Lotus corniculatus</i></u>	5
2.1.4 <u><i>Lolium multiflorum</i></u>	6
2.2 <u>EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA PRADERA DE CUARTO AÑO</u>	7
2.3 <u>IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA PASTURA</u>	8
2.3.1 <u>Efecto del N sobre los procesos morfogénéticos y características estructurales de la patura</u>	9
2.3.2 <u>Efecto del N sobre la producción de forraje</u>	11
2.3.3 <u>Efecto del N sobre la composición botánica</u>	15
2.3.4 <u>Efecto del N sobre el valor nutritivo</u>	15
2.4 <u>MANEJO DEL PASTOREO</u>	17
2.4.1 <u>Consideraciones generales</u>	17
2.4.2 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u>	18
2.4.2.1 Intensidad	18
2.4.2.2 Frecuencia	19
2.4.3 <u>Efectos que ejerce el pastoreo sobre la pastura</u>	21
2.4.3.1 Efecto sobre el rebrote	21
2.4.3.2 Efecto sobre la producción de forraje	21
2.4.3.3 Efecto sobre la calidad	22
2.4.3.4 Efecto sobre la composición botánica	23
2.4.3.5 Efecto sobre la persistencia.....	24
2.4.3.6 Efectos del pisoteo y deyecciones.....	25

2.5	PRODUCCIÓN ANIMAL	26
2.5.1	<u>Aspectos generales de la producción animal</u>	26
2.5.2	<u>Relación entre consumo, oferta de forraje y otros aspectos</u>	26
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	29
3.1	CONDICIONES EXPERIMENTALES	29
3.1.1	<u>Lugar y período experimental</u>	29
3.1.2	<u>Información meteorológica</u>	29
3.1.3	<u>Descripción del sitio experimental</u>	29
3.1.4	<u>Antecedentes del área experimental</u>	29
3.1.5	<u>Tratamientos y diseño experimental</u>	30
3.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	31
3.2.1	<u>Mediciones de las principales variables</u>	31
3.2.1.1	Forraje disponible y remanente	32
3.2.1.2	Altura del forraje disponible y remanente	32
3.2.1.3	Materia seca desaparecida	32
3.2.1.4	Tasa de crecimiento	32
3.2.1.5	Producción de forraje	33
3.2.1.6	Porcentaje de cosecha	33
3.2.1.7	Composición botánica	33
3.2.1.8	Peso de animales	33
3.2.1.9	Ganancia de peso	34
3.2.1.10	Oferta de forraje	34
3.2.1.11	Producción de peso vivo	34
3.3	HIPÓTESIS PROPUESTAS	34
3.3.1	<u>Hipótesis biológica</u>	34
3.3.2	<u>Hipótesis estadística</u>	34
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
3.4.1	<u>Modelo estadístico para la producción vegetal</u>	34
3.4.2	<u>Modelo estadístico para la producción animal</u>	35
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	36
4.1	DATOS METEOROLÓGICOS	36
4.2	PRODUCCIÓN DE FORRAJE	38
4.2.1	<u>Forraje disponible</u>	39
4.2.2	<u>Forraje remanente</u>	43
4.2.3	<u>Forraje desaparecido</u>	45
4.2.4	<u>Porcentaje de cosecha</u>	47
4.2.5	<u>Tasa de crecimiento</u>	48
4.2.6	<u>Producción de forraje</u>	49
4.2.7	<u>Composición botánica</u>	54
4.3	PRODUCCIÓN ANIMAL	59
4.4	CONSIDERACIONES FINALES	65

5.	<u>CONCLUSIONES</u>	67
6.	<u>RESUMEN</u>	68
7.	<u>SUMMARY</u>	69
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	70
9.	<u>ANEXOS</u>	82

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Balance hídrico del año 2020.....	37
2. Forraje disponible en kg/ha de MS y altura promedio (cm) para el período evaluado.....	39
3. Forraje remanente en kg/ha de MS y altura promedio (cm) para el período evaluado	43
4. Porcentaje de cosecha promedio.....	47
5. Tasas de crecimiento promedio y para cada pastoreo por separado (kg MS/ha/día).....	48
6. Composición botánica promedio del disponible para todos los tratamientos.....	55
7. Composición botánica promedio del remanente para todos los tratamientos.....	56
8. Contribución del suelo descubierto para disponible y remanente.....	58
9. Peso inicial, final y promedio acompañados de la dotación y oferta de forraje para cada tratamiento.....	60
10. Producción de peso vivo y ganancia media diaria con su correspondiente oferta de forraje.....	61
11. Eficiencia de producción para los distintos tratamientos..	63
Figura No.	
1. Disposición de los tratamientos en sus respectivos bloques.....	31

2.	Precipitaciones acumuladas mensuales comparadas con el registro promedio histórico del período 2002-2018.....	36
3.	Evolución mensual de la temperatura media comparada con el registro promedio histórico 2002-2018.....	38
4.	Evolución del disponible entre pastoreos en kg MS/ha.....	41
5.	Evolución del disponible entre pastoreos en cm.....	41
6.	Evolución del remanente entre pastoreos en kg MS/ha.....	44
7.	Evolución del remanente entre pastoreos en cm.....	44
8.	Forraje desaparecido total (kg MS/ha) incluyendo ambos pastoreos.....	46
9.	Producción de forraje (kg MS/ha) total y para cada pastoreo.....	50
10.	Respuesta (kg MS/ha) al agregado de nitrógeno para el primer pastoreo.....	51
11.	Respuesta (kg MS/ha) al agregado de nitrógeno para el segundo pastoreo.....	52
12.	Respuesta (kg MS/ha) al agregado de nitrógeno para todo el período evaluado.....	53
13.	Contribución (kg MS/ha) por componente del forraje disponible.....	55
14.	Contribución (kg MS/ha) por componente del forraje remanente.....	57

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, el sector agropecuario, es uno de los principales motores de la economía, en este sentido, para el año 2019, el PBI agropecuario representó un 5,4 % del PBI total. Por su parte, un 76,4 % de las exportaciones correspondieron a productos de origen agropecuario para este mismo año, donde el principal producto exportado fue la carne bovina con un 23,8 % del total (MGAP. DIEA, 2020).

Si bien el recurso forrajero predominante en la producción ganadera de del Uruguay es el campo natural, es sabido que en ciertas circunstancias presenta restricciones en cuanto a cantidad, calidad y estacionalidad de forraje producido. En este sentido, dependiendo del sistema de producción, el uso de pasturas sembradas es una alternativa que puede contribuir a la solución de estas restricciones.

Sin embargo, en algunas situaciones, la disminución en la producción a partir del segundo año de vida y la baja persistencia de las mezclas forrajeras en el Uruguay, trae como consecuencia, una ineficiencia productiva que se traduce en pérdidas económicas, ya que el costo de implantación de las mismas es elevado y por lo tanto se deben buscar alternativas tecnológicas que permitan mejorar esta limitante.

Cualquier opción tecnológica, que logre aumentar la producción de forraje de una pastura, y/o permita alargar su vida útil, tiene un enorme impacto económico, ya que se lograrían diluir los costos incurridos, por un mayor período de amortización y por una mayor producción de forraje, lo que deriva en un menor costo del kg de materia seca producido a nivel del sistema agropecuario. En este sentido, a pesar de su costo, la utilización de fertilizantes nitrogenados, en determinados momentos, es una opción que debe ser evaluada según el tipo de sistema agropecuario.

Por este motivo, se llevó a cabo un experimento en donde se prueban distintas dosis de nitrógeno (urea), en una pradera de cuarto año, dominada por *Festuca arundinacea*, con el objetivo de estudiar algunas variables de interés productivo, tanto las que se relacionan con la producción de forraje, como así también, las asociadas a la propia producción de carne.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es evaluar los efectos que produce la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje y composición botánica, durante el período invierno-primaveral, en una pradera de cuarto año conformada por *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*.

Por otro lado, también se pretende evaluar la ganancia de peso individual y por unidad de superficie utilizando terneros Aberdeen Angus y Hereford.

1.1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Evaluar y comparar la producción de forraje de la pradera utilizando distintas dosis de nitrógeno.
- Evaluar la composición botánica de la pradera para cada dosis de nitrógeno.
- Evaluar y comparar la producción de peso vivo, en términos de producción individual (kg/animal/día) y en producción por unidad de superficie (kg/ha de peso vivo) para las diferentes dosis de nitrógeno.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES UTILIZADAS

A continuación, se analizarán las especies sembradas que componen la pastura, siendo estas *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*. Además, se encontró una proporción importante de *Lolium multiflorum*, por lo que esta especie también será tratada.

2.1.1 Festuca arundinacea

Según Formoso (2010), la festuca, es la gramínea perenne más utilizada en el país. Presenta ciclo invernal, hábito cespitoso a rizomatoso (rizomas muy cortos) y se adapta muy bien en suelos medios a pesados, aunque también tolera suelos ácidos y alcalinos (Carámbula, 2010). Tiene moderadamente buena resistencia a la sequía y no es muy afectada por las heladas (García, 2003).

Una de las debilidades que presenta esta especie es su lenta implantación, lo que se debe a la baja capacidad de movilizar reservas de la semilla y al reducido vigor que tienen las plántulas (Carámbula, 2010). Según Ayala et al. (2010), las siembras tardías con suelos fríos reducen su velocidad de implantación y retrasan el primer pastoreo.

Es una especie exigente en cuanto a fertilidad, presenta buena respuesta al nitrógeno y su nivel de producción en praderas mezcla depende de un componente leguminosa vigoroso, de lo contrario se vuelve poco productiva, dura y poco palatable (García, 2003).

En referencia a lo anterior, Carámbula (2010) señala que necesita un aporte de nitrógeno adecuado, ya sea a través de fertilizantes nitrogenados o mediante siembra de leguminosas asociadas. Cuando no cuenta con buena disponibilidad de nitrógeno, se vuelve amarillenta, el rebrote se enlentece y es poco apetecida o rechazada por los animales.

De acuerdo con Ayala et al. (2010), los cultivares comerciales de festuca, se pueden dividir en dos grandes grupos: continentales y mediterráneos. Los primeros son los más usados a nivel mundial, tienen la capacidad de crecer durante todas las estaciones del año, son de hábito de crecimiento intermedio y presentan hojas anchas. Mientras que los segundos, son de hojas finas y hábito más erecto, con un buen potencial de crecimiento invernal, pero con latencia durante el verano, lo que los hace poco competitivos frente a malezas, aunque les da mayor adaptación a los veranos con sequías.

Se beneficia con pastoreo rotativo y tolera bien defoliaciones intensas, salvo en verano, donde los pastoreos rasantes reducen su producción posterior y persistencia. El manejo de primavera debe prevenir la encañazón excesiva, ya que el forraje pierde calidad y los animales rechazan el mismo (García, 2003).

Carámbula (2010), afirma que la festuca, por presentar las sustancias de reserva en las raíces y rizomas cortos, admite pastoreos intensos y relativamente frecuentes. De todos modos, para acelerar el crecimiento de forraje luego del pastoreo, Smetham (1981), señala que es necesario dejar cierto remanente de láminas foliares.

Por otra parte, *Festuca arundinacea* puede generar problemas a nivel del animal si se encuentra parasitada con el hongo *Neotyphodium Coenophialum*, causando una serie de síndromes en bovinos y ovinos. Dentro de los más nombrados se encuentra la festucosis, siendo esta frecuente en los meses de primavera y verano, cuando se pastorea esta forrajera parasitada. Frente a estas circunstancias los animales pueden presentar babeo, aumento en la frecuencia respiratoria y fiebre (Plorutti, 2017).

En referencia al cultivar utilizado, INIA Fortuna, Ayala et al. (2010), señalan que fue obtenido en La Estanzuela, luego de cinco ciclos de selección con énfasis en calidad del forraje (DMO, FDN), flexibilidad y sanidad foliar. El carácter distintivo de este cultivar es su alta calidad. Además, es una festuca de tipo continental, tardía que florece próximo al 2 de octubre, 18 días después que Estanzuela Tacuabé y 31 días después que Quantum o INIA Aurora. Es de hábito intermedio con buen macollaje.

2.1.2 *Trifolium pratense*

Es una especie bianual invernal, presenta buen vigor inicial y un rápido establecimiento, lo que permite un aporte de forraje temprano, siendo muy apropiada para el uso en siembras asociadas por su alta tolerancia a la sombra (Carámbula, 2010).

Según Ayala et al. (2010), el trébol rojo es la leguminosa perenne de mayor producción de forraje en el período otoño invernal, entre las cultivadas en el país, la misma se adapta mejor a suelos ligeramente ácidos y pesados, en los cuales la alfalfa no prospera bien.

Existen tres tipos de cultivares, los cuales son: sin latencia, caracterizados por poseer un muy buen desarrollo invernal, de latencia

intermedia, siendo estos de algo menor producción que los anteriores y además poseen un período corto de reposo invernal, por último, se encuentran los cultivares con latencia, que presentan un largo período de latencia invernal. Dicho período, puede abarcar los meses de abril a setiembre.

Es una especie que admite pastoreos intensos, pero poco frecuentes, ya que las defoliaciones severas y frecuentes reducen su productividad. Por otra parte, como desventajas, se puede decir que es susceptible a enfermedades de raíz y corona, presenta alto riesgo de meteorismo y no se resiembra naturalmente. Por otro lado, al presentar una corona superficial, es susceptible al pastoreo excesivo (Carámbula, 2010).

El cultivar que se utilizó (LE 116), se caracteriza por no poseer latencia invernal, es de porte erecto a semierecto y de floración temprana. El pico de producción de forraje se da en el mes de noviembre, pero el aporte invernal también es muy bueno comparado con los cultivares que tienen latencia. Este cultivar se adapta mejor a suelos con textura media a pesada, con buena profundidad.

2.1.3 Lotus corniculatus

Es una especie perenne estival, se adapta a un rango de suelos amplio, presentando buen desarrollo en suelos arenosos y arcillosos. Subsiste en suelos moderadamente ácidos o alcalinos, con bajos niveles de fósforo, aunque responde bien a la fertilización y al encalado (Carámbula, 2010).

Su resistencia a sequía, su alto valor nutritivo y su persistencia, hacen de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras. Las mayores tasas de producción de forraje del lotus se ubican en primavera-verano, mientras que las inferiores se ubican hacia el invierno, para todos los años del cultivo (Formoso, 1993).

Nöell (1998), define a esta leguminosa como de baja persistencia, esto está asociado a su susceptibilidad a enfermedades de raíz y corona (*Fusarium spp*), lo que provoca muerte de plantas.

Los cultivares de lotus se clasifican en europeos y tipo empire, los primeros poseen crecimiento invernal cuando estos no son demasiado fríos, también se los conoce como cultivares sin latencia invernal. Los de tipo empire poseen un período de reposo que en Uruguay abarca desde abril a setiembre inclusive (Ayala et al., 2010).

El cultivar que se utilizó (San Gabriel), se caracteriza por ser de porte erecto a semierecto, de floración temprana y correspondiente al tipo europeo. En Uruguay, dicho cultivar es distinguido por su capacidad para producir forraje durante todo el año, aunque de igual manera las tasas de producción en el invierno son bajas, probablemente por las bajas temperaturas ocurridas durante esta estación y no por presentar período de latencia (Formoso, 1993).

En cuanto al manejo del pastoreo, se adapta bien a pastoreos frecuentes, pero poco intensos, beneficiándose con pastoreos rotativos (Carámbula, 2010).

2.1.4 *Lolium multiflorum*

Se trata de una gramínea anual invernal, altamente productiva en suelos fértiles. Si bien presenta poca precocidad otoñal frente a los cereales, muestra muy buena entrega de forraje en invierno y primavera (Carámbula, 2010).

Existen dos tipos de raigrás anual, uno de ellos son los de tipo *westerwoldicum*, que no tienen requerimientos de frío, lo que determina que la floración de macollos se dé a fecha fija y no ocurra supervivencia de los mismos en el verano. Por otra parte, se encuentran los de tipo *multiflorum* o italiano, que si poseen requerimientos de frío, donde los macollos formados, si no florecen, pueden pasar el verano en estado vegetativo y comportarse como bianuales. Considerando ambos tipos, se destaca la mayor producción de los primeros durante el otoño y parte del invierno, mientras que los italianos producen más desde invierno en adelante, consiguiendo mayor producción total (Ayala et al., 2010).

Otro punto a tener en cuenta, es el nivel de ploidía que pueden tener los distintos cultivares, pudiendo ser diploides o tetraploides. Los cultivares diploides, como lo es LE 284, en comparación con los tetraploides, ofrecen mayor resistencia al pastoreo, más capacidad de semillazón y resiembra natural. Además, se adaptan mejor a niveles bajos de fertilidad. Por su parte, los tetraploides son de ciclo más largo, presentan mayor tamaño de semilla y por tanto mayor vigor inicial y tienen mayor apetecibilidad por un contenido de carbohidratos solubles superior (Carámbula, 2010).

Según García (2003), el raigrás es uno de los cultivos forrajeros más utilizados en el país por sus diversas características, dentro de las cuales se destaca la resistencia a pastoreos intensos, las bajas densidades de siembra, buena producción de forraje invierno primaveral, entre otras.

Gardner et al., citados por Olmos (2004), afirman que el raigrás es una especie que se ha naturalizado en los campos uruguayos, tanto en praderas como en campo natural fertilizado, gracias a su capacidad de mantenerse a lo largo de los años por su resiembra natural.

2.2 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA PRADERA DE CUARTO AÑO

En general, las pasturas mezcla con más de tres años de edad, presentan un dominio de la fracción gramínea, según Carámbula (2010), pueden presentarse como festuales, gramillares, o con especies pratenses nativas y sub espontáneas. Normalmente, muestran excesos de restos secos, y poca proporción de leguminosas. Esto último, coincide con lo señalado por Formoso (2010), en cuanto a que, en el tercer o cuarto año, en este tipo de praderas conformadas por festuca o dactylis, en mezcla con leguminosas y con abundante disponibilidad de nitrógeno, se registran dominancias absolutas de la fracción gramínea, con consecuentes pérdidas en el producto animal potencialmente obtenible.

García (1995), percibió un importante efecto de la incidencia inicial de gramilla sobre la persistencia de praderas, concluyendo que, en praderas sembrados sobre parcelas que habían tenido una baja infección de gramilla en el año anterior, la participación de *Cynodon dactylon* en el cuarto año fue insignificante, siendo las malezas más frecuentes *Setaria sp.*, *Eragrostis lugens* y malezas de hoja ancha. En cambio, en los experimentos sembrados con alta infestación de *Cynodon dactylon*, la incidencia de gramilla fue muy importante ya a partir del segundo año. En el mismo ensayo, determinó 4300 kg/ha de MS en praderas mezcla cuando se sembraron sobre parcelas con baja incidencia previa de *Cynodon dactylon*, mientras que en praderas sembradas en lugares con importante presencia de gramilla previamente, la producción de forraje fue de 1700 kg MS/ha. Ambas producciones corresponden al cuarto año de edad de la pastura.

Por su parte, Leborgne (1995), señala que las praderas mezcla conformadas por una gramínea perenne como lo es *Festuca arundinacea*, en combinación con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, producen en su cuarto año, en torno a 5000 kg de MS/ha. Esta producción, está concentrada en la primavera, con un 60% del total, similares resultados a los encontrados por García (1995).

2.3 IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA PASTURA

El nitrógeno (N), luego del agua, es el nutriente más importante para el desarrollo de las plantas. Se encuentra en grandes cantidades dentro de las mismas, siendo el contenido total en el peso seco entre 1,5 y 5 %. La importancia del N, radica en la gran participación que tiene en las biomoléculas de la materia viva (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Entre estas, se incluyen a los aminoácidos y proteínas, como por ejemplo la enzima Rubisco, responsable del proceso fotosintético, siendo central en los procesos de crecimiento y desarrollo para las plantas (Salvagiotti, 2013). El nitrógeno también es constituyente de otros compuestos como vitaminas, coenzimas, clorofila y ácidos nucleicos (ADN, ARN). En términos generales, se puede afirmar que el nitrógeno es el nutriente más limitante para el crecimiento vegetal (Morón, 1994).

En el mismo sentido, Bemhaja (1994), señala que dentro de las praderas mezcla, el componente gramínea, es el que presenta mayor demanda de nitrógeno, requiriendo estas, del N mineral para producir proteínas y clorofila, necesarias para el macollaje, la elongación de las hojas, el rebrote luego del pastoreo y la reproducción.

Los síntomas de deficiencia de N en la planta, son los característicos a un elemento muy móvil, en este sentido, la falta de este nutriente, provoca clorosis en las hojas adultas, que con frecuencia caen de la planta antes de volverse necróticas (Barbazán, 1998).

En cuanto a los niveles de nitrógeno en suelo, Morón (1994), señala que el porcentaje de nitrógeno total en el horizonte superficial de los suelos del país, en general está en el rango de 0,1 a 0,3 %, siendo la textura un elemento gravitante. Entre el 98 a 99% del N total que se encuentra en el suelo está en forma orgánica y por tanto no está disponible para las plantas, de ahí la importancia de los procesos de mineralización controlados por los microorganismos, que permiten el pasaje de nitrógeno orgánico a inorgánico, dejando al nutriente disponible para las plantas, que lo absorben en forma de nitratos, y en baja proporción como amonio (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Dentro de los sistemas agropecuarios, las dos entradas más importantes de nitrógeno, son la fijación biológica de este nutriente, a través de las leguminosas y la utilización de fertilizantes nitrogenados. Las salidas de N del sistema son: la volatilización de N-NH_3 hacia la atmósfera, lixiviación de NNO_3 a gases, erosión, productos animales (carne, leche, lana) y deyecciones

animales fuera del área productiva como salas de ordeño y caminos (Morón, 1994).

Al ser el N un nutriente lábil, para favorecer la absorción del mismo por las plantas luego de una fertilización, el momento de aplicación se debe establecer considerando la demanda de las mismas. Esta demanda está asociada con el crecimiento aéreo y radicular, el cual, en condiciones hídricas adecuadas y sin deficiencia de otros nutrientes, depende principalmente de la radiación y la temperatura (Parsons, 1988). Si las aplicaciones de N no están sincronizadas con la demanda, las formas disponibles pueden perderse por lixiviación, volatilización y desnitrificación (Perdomo y Barbazán, 1999).

2.3.1 Efecto del N sobre los procesos morfogénéticos y características estructurales de la pastura

Según Carámbula (2010), en gramíneas, durante su desarrollo vegetativo, predominan los procesos de formación de hojas y macollos, siendo el primero continuo y el segundo relativamente discontinuo. Estos procesos morfogénéticos, pueden ser explicados por las siguientes variables: la tasa de aparición foliar (TAF), la tasa de elongación foliar (TEF) y la vida media foliar (VMF). Dichas variables, están determinadas genéticamente, aunque son influenciadas por el ambiente, donde se remarca el efecto de la temperatura, el agua y los nutrientes (Chapman y Lemaire, 1993).

Por su parte, las variables morfogénéticas, dan lugar a las características estructurales de la pastura, como lo son la densidad de macollos, el número de hojas vivas por macollo y el tamaño de hojas. Todas estas características conforman el índice de área foliar (IAF), que determina la capacidad de las plantas para capturar energía y realizar la fotosíntesis (Colabelli et al., 1998).

Luego de un pastoreo, una vez que la pastura ha alcanzado un área foliar tal que intercepte casi toda la radiación incidente, es decir el IAF crítico, la tasa de crecimiento se hace máxima. El tiempo transcurrido hasta lograr el IAF crítico, además de depender de la temperatura, está fuertemente afectado por la altura hasta la cual la pastura ha sido previamente pastoreada. De esta manera, cuanto más intenso haya sido el pastoreo, mayor será el período transcurrido hasta que se alcance el IAF crítico (Smetham, 1981).

En cuanto al conjunto de efectos del N sobre las variables morfogénéticas y estructurales, la elongación foliar es el componente más importante en la determinación del crecimiento aéreo, y a su vez, es la

actividad meristemática que demanda mayor cantidad de nitrógeno, el cual proviene directamente del suelo, o de la translocación de órganos senescentes (Gastal y Lemaire, 1988). Por otro lado, Gastal et al., citados por Lemaire y Agnusdei (2000), indican que en ausencia de estrés hídrico, la expansión del tejido foliar está directamente determinada por la temperatura y por la nutrición nitrogenada.

En pasturas de festuca alta, Gastal et al., citados por Jauregui (2020), comprobaron que, a igual temperatura, la TEF fue casi 4 veces superior en tratamientos de alta fertilización nitrogenada (280 kg N/ha vs. 45 kg N/ha).

Por otra parte, Volenec y Nelson, citados por Balocchi et al. (2011), encontraron aumentos de 140% en la elongación de láminas de gramíneas perennes con altas aplicaciones de nitrógeno (336 vs. 22 kg/ha de N), y señalan que esto, es causado principalmente por el aumento en el número de células producidas. En la misma línea, Gastal y Lemaire (1988), afirman que el N determina un aumento de 400% en la TEF.

En cuanto a la tasa de aparición foliar, Balocchi et al. (2011), al igual que Wilman y Wright, citados por Colabelli et al. (1998), no encontraron efectos significativos de la fertilización nitrogenada sobre dicho componente morfogénico, y manifiestan, además, que hay otros factores como la temperatura, que afecta en mayor medida al filocrón y por ende la tasa de aparición foliar.

Respecto a la mortalidad de hojas, se puede decir que es un proceso ligado a su aparición. En el caso de gramíneas forrajeras templadas, un macollo adulto es capaz de sostener alrededor de tres hojas vivas. Sin embargo, en condiciones de nitrógeno limitante, se han encontrado reducciones en el número de hojas vivas por macollo, probablemente por la acción de un programa de senescencia que determina una redistribución del nitrógeno hacia órganos prioritarios (Thomas y Stoddart, citados por Colabelli et al., 1998).

Con aumentos en el nivel de nitrógeno, aumenta la tasa de senescencia en términos absolutos, dado por el efecto del nitrógeno en la tasa de expansión foliar y el tamaño foliar. Por lo tanto, un incremento en la fertilización nitrogenada sin un ajuste apropiado del pastoreo, puede incrementar la senescencia y acumulación de material muerto en las pasturas (Mazzanti et al., 1994).

En cuanto a la densidad de macollos, en pasturas sometidas al pastoreo, resulta del balance entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de muerte de macollos. La máxima TAM, solo ocurre a bajos IAF, decreciendo a medida que el IAF aumenta (Chapman y Lemaire, 1993).

El proceso de macollaje está ligado a la tasa de aparición foliar, la cual determina el número de “sitios” potenciales para la aparición de macollos (Davies, 1971). A su vez, la deficiencia de N, conduce a bajos números de “sitios de llenado” y deprime la TAM a valores por debajo de su potencial, aún en pasturas con bajo IAF (Lemaire, 1985).

Según Cruz y Boval, citados por Jauregui (2020), la fertilización nitrogenada podría ser clave para la supervivencia de macollos de festuca, aumentando la tasa de aparición de los mismos, permitiendo a la pastura colonizar mayor área. De la misma manera, Olson y Richards (1989), expresan que fertilizar con nitrógeno pasturas de festuca en primavera, sería importante para la supervivencia de nuevos macollos, por el hecho de aumentar su tamaño y mejorar la nutrición de los mismos, posibilitando una mejor competencia con los macollos reproductivos.

En festuca, el número de macollos aumenta en fase vegetativa, durante otoño e invierno, registrándose valores máximos a fines de invierno, para posteriormente disminuir durante primavera y verano (Formoso, 1996).

En condiciones de cultivos densos, el efecto del nitrógeno sobre el macollaje, es generalmente inferior al observado sobre plantas aisladas, ya que el sombreado aumenta en la base de las plantas y la calidad de la luz se convierte en el factor limitante (Whitehead, citado por Colabelli et al., 1998).

En condiciones de deficiencia de N en festuca, se deprime el proceso de macollaje, y a su vez, como ya fue señalado, disminuye la TEF (variable asociada positivamente con el peso de cada macollo). En consecuencia, la falta de N, disminuye el IAF, la cantidad de radiación fotosintéticamente activa absorbida y la eficiencia de uso de los recursos, como el agua y la radiación, con la consecuente disminución en la producción de forraje (Mazzanti et al., 1994).

2.3.2 Efecto del N sobre la producción de forraje

En numerosos experimentos se ha demostrado la existencia de la respuesta que tienen las pasturas frente al agregado de nitrógeno. En este sentido, Marino y Agnusdei (2007), reportan un efecto positivo de la aplicación

de N sobre la acumulación de forraje, lo que está asociado con el incremento del área foliar de las plantas y un aumento de la radiación interceptada por las mismas.

Según Zanoniani y Nöell (1997), la respuesta a la fertilización, se define como la biomasa adicional (kg de materia seca) que se obtiene por cada kg de nutriente agregado.

En general, se espera alta respuesta al agregado de nitrógeno a dosis bajas y en situaciones de marcada deficiencia de nitrógeno disponible, por ejemplo, a la salida del invierno. En la medida que se incrementa la dosis aplicada, se espera una disminución en la respuesta (García et al., 1999), lo que coincide con lo reportado por Morrison et al., citados por Carámbula (2010). Sin embargo, en numerosas ocasiones, se han observado respuestas lineales o casi lineales, donde la eficiencia es constante (García et al., 1999).

Algunos factores determinantes de la respuesta a la fertilización nitrogenada en pasturas, son las condiciones climáticas durante y después de la fertilización, entre las que se destacan los excesos o déficits de agua, además de las bajas temperaturas y luminosidad, lo que está estrechamente relacionado con las tasas de crecimiento y la respuesta potencial (Rebuffo, 1994).

Carámbula (2010), señala que la especie tratada es otro factor importante que determina la magnitud de la respuesta. En este sentido, las especies anuales presentan en general una mayor respuesta al nitrógeno en comparación con las perennes, y dentro de cada grupo, el comportamiento puede ser diferente.

De la misma forma, el estado y composición botánica de una pastura también inciden marcadamente en la respuesta al N, de manera que cuanto mayor es la proporción que ocupa el componente gramínea en una mezcla, mayor será la respuesta (Rebuffo, 1994).

Whitehead, citado por Carámbula (2010), establece que, si las pasturas están constituidas por mezclas mixtas de gramíneas y leguminosas, la respuesta al nitrógeno será menor que en situaciones donde se fertilicen gramíneas puras. Sin embargo, en algunas situaciones, como en períodos críticos que se necesitan altos volúmenes de forraje, el nitrógeno es utilizado de forma estratégica para reforzar la producción de forraje.

En cuanto a los momentos de aplicación, existen coincidencias en que el otoño y la salida del invierno, son momentos adecuados para fertilizar con nitrógeno. Formoso (2010), señala que la festuca a inicio del otoño, si las condiciones de humedad son favorables, potencia su tasa de macollaje, proceso que se traduce en altas tasas de crecimiento.

En la misma línea, Rebuffo (1994), indica que la respuesta de las gramíneas al nitrógeno está determinada por su capacidad para incrementar el número de macollos y/o aumentar el tamaño de los mismos. Esto determina que el otoño sea uno de los momentos más eficientes para realizar fertilizaciones nitrogenadas.

Por su parte, Carámbula (2010), señala que las aplicaciones otoño invernales de nitrógeno en gramíneas, permiten incrementar el crecimiento primaveral al favorecer la ocurrencia de un mejor macollaje previo, lo que asegura incrementos en la capacidad productiva en dicha estación. Otro efecto positivo, es la promoción del desarrollo y crecimiento de los sistemas radiculares, lo que permite una mejor capacidad de hacer frente a posibles déficits hídricos en el verano.

En un experimento realizado por Formoso (2010), trabajando con *Festuca arundinacea* y donde se probaron distintas dosis de nitrógeno aplicadas en otoño, se obtuvieron respuestas promedio de 14 kg de materia seca por kg de nitrógeno aplicado, aunque las respuestas para las dosis de nitrógeno más bajas que se probaron (46 y 92 kg de N) fueron de 20 kg de materia seca por kg de nitrógeno.

En el caso de aplicaciones de nitrógeno en invierno, las bajas temperaturas invernales limitan el crecimiento vegetal y por tanto la respuesta al nitrógeno. En este sentido, Formoso (2010), encontró respuestas promedio de 8,2 kg de materia seca por kg de nitrógeno agregado.

A su vez, trabajos realizados por Marino et al. (2017), en praderas de festuca, indican que, las aplicaciones de nitrógeno realizadas entre agosto y setiembre, son las que presentan mayores respuestas en producción de forraje, lo que está explicado por condiciones ambientales más favorables, además de que las plantas entran en la etapa reproductiva, donde dejan de producir hojas y nuevos macollos y pasan a formar estructuras de sostén, lo que significa altas tasas de crecimiento y alta demanda de agua y nutrientes.

Marino y Agnusdei (2005), indican que el agregado de nitrógeno en pasturas sobre final del invierno, permite adelantar la oferta estacional de

forraje. Se ha establecido que las pasturas sin deficiencias en el suministro de N pueden ser utilizadas aproximadamente entre 15 a 30 días antes que las no fertilizadas con N. En la misma línea, Agnusdei y Di Marco (2010), afirman que, en esta estación, las tasas de crecimiento de pasturas de festuca fertilizadas con fósforo, pueden duplicarse con 50 kg de N o triplicarse con 100 Kg de N. Tal es así, que la biomasa acumulada a fin de invierno, de las pasturas fertilizadas con N y P puede llegar a los 1500 a 2000 kg de MS/ha. Si no se aplica N, la misma cantidad de forraje se puede obtener unos 20 a 30 días después, o 40 a 50 días en el caso de no recibir ningún tipo de fertilización.

En otro experimento similar, Marino y Agnusdei (2005), encontraron que la producción de forraje invierno-primaveral de las pasturas fertilizadas en sistemas ganaderos, fueron aproximadamente de 7000 kg de MS/ha, triplicando a la obtenida sin aplicación de N (2000 a 2500 kg MS/ha). Esto implica respuestas invierno-primaverales del orden de 20 a 30 kg MS/kg de N aplicado.

Por su parte, Sardiña et al. (2009), obtuvieron las máximas respuestas en producción de forraje con agregado de N, en la estación primaveral. La producción acumulada de festuca, se incrementó en forma lineal en esta estación, a una tasa de 18,3 kg MS/Kg N.

A su vez, Formoso (2010), en los primeros 45 días de la primavera, encontró efectos residuales de fertilizaciones realizadas en invierno con N, con resultados de respuesta lineal del orden de 11,2 kg de materia seca, por kg de nitrógeno aplicado en el invierno previo.

Núñez et al. (2021), en un experimento realizado en 2019 en la Estación Experimental "Mario A. Cassinoni", trabajando en una pradera de cuarto año dominada por *Festuca arundinacea* en el periodo invierno primaveral encontraron respuestas de 13,5, 2,5 y 4,5 kg de MS por unidad de N agregada para aplicaciones de 50, 75 y 100 kg/ha de MS respectivamente.

El hecho de aumentar la producción de materia seca con aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, debe ir acompañado de aumentos en la carga animal, para que de esta forma, el aumento de producción de forraje se refleje en incrementos en la producción de carne. Si la carga no está en sintonía con la producción de forraje, no pueden esperarse grandes respuestas en producción animal, ya que, en este caso, gran parte del forraje producido entra en senescencia antes de que los animales lo consuman (Cangiano, 1996).

2.3.3 Efecto del N sobre la composición botánica

Como ya ha sido mencionado, uno de los factores que determina el éxito de la fertilización nitrogenada, es la proporción de gramíneas y leguminosas presentes en la mezcla. Se recomienda aplicar nitrógeno en pasturas mezcla que tengan alto potencial de producción, que sean dominadas por gramíneas y únicamente cuando las condiciones climáticas sean favorables para el crecimiento de la pastura (O'Connor et al., citados por Rebuffo, 1994).

Existen trabajos que demuestran el efecto negativo de la fertilización nitrogenada sobre la proporción del componente leguminosa en pasturas mezcla, aunque la información respecto a las causas de los cambios en la composición botánica es contrastante (Mouat y Walker 1959, Cruz y Sinoquet 1994, Nyfeler et al. 2009).

En algunos casos, esto podría deberse a la falta de capacidad competitiva por nutrientes y radiación de las leguminosas frente a las gramíneas, mientras que en otros casos se señala que la disminución del componente leguminosa, depende más del manejo en la defoliación y de la variación de la temperatura que del agregado de N (Mouat y Walker 1959, Cruz y Sinoquet 1994).

Cuando las pasturas presentan dominancia de leguminosas, generalmente no se espera una gran respuesta al agregado de N. Una menor población de gramíneas en pasturas mezcla, limita severamente el potencial de respuesta y el N aplicado produce una sustitución de gramíneas por leguminosas (Mazzanti et al., 1994).

Sin embargo, en ciertas situaciones, por ejemplo, cuando el objetivo es obtener altos volúmenes de forraje en pasturas mixtas, para ser destinadas al pastoreo, o en períodos críticos, a reservas forrajeras, los requerimientos de N, deben ser complementados con fertilizaciones estratégicas de dicho nutriente (Carámbula, 2010).

2.3.4 Efecto del N sobre el valor nutritivo

En los sistemas de producción basados en pasturas, se podría considerar que la mejor pastura, es decir, la de mejor calidad, es aquella con la que se obtiene mejor respuesta productiva. En cuanto al valor nutritivo, puede ser definido como la respuesta animal por unidad de alimento consumido, y está conformado por tres factores: la composición química, la digestibilidad y la eficiencia de utilización (Ulyatt, citado por Cangiano, 1996).

Existen varios factores que pueden modificar la estructura morfológica, histológica y composición de las plantas, entre ellas se destacan las condiciones climáticas, estados fenológicos y la nutrición mineral. En relación a esta última, los aumentos en las dosis de fertilización nitrogenada generan nuevo crecimiento en la planta. Cuanto mayor potencial de nuevo crecimiento tenga la planta según la estación, las concentraciones de materia orgánica digestible (DMO) normalmente serán superiores (Formoso, 2010).

De la misma forma, Prins y Van Burg, citados por Carámbula (2010), señalan que, dado que el fertilizante nitrogenado promueve un mayor crecimiento, y por tanto, mayores frecuencias de pastoreo, indirectamente se produce un aumento en la digestibilidad del forraje.

En general durante otoño y primavera, se requirieron fertilizaciones de 33 kg N/ha para aumentar 1 % la DMO, mientras que en invierno se requieren fertilizaciones del orden de 20 a 25 kg N/ha para generar el mismo aumento (Formoso, 2010).

Además de limitar la producción de materia seca de las pasturas, el nitrógeno, tiene un efecto directo sobre la proteína de las mismas. Cuando un forraje tiene poco nitrógeno en forma de proteína, además de tener un menor valor nutritivo, el consumo voluntario es reducido por debajo de aquel que permite la distensión ruminal (Minson y Milford, citados por Carámbula, 2010).

Balocchi et al. (2011), demostraron que se producen aumentos en los contenidos de proteína cruda en *Lolium perenne* a medida que aumenta la dosis de nitrógeno utilizada, también encontraron que la proteína soluble sigue la misma tendencia que la proteína cruda a medida que aumenta la fertilización nitrogenada. Similares resultados fueron publicados por Formoso (2010), trabajando con *Festuca arundinacea*, donde en otoño-invierno reporta aumentos de 1% de proteína cruda cada 14,2 kg de N/ha agregado, mientras que en la primera mitad de la primavera se necesitaron 33,3 kg de N/ha para aumentar el valor de proteína en la misma proporción.

Existe también un efecto del nitrógeno sobre la concentración de carbohidratos solubles, en este sentido, se han encontrado disminuciones en el contenido de los mismos a medida que aumenta la dosis de nitrógeno aplicada (Balocchi et al., 2011).

En algunos casos, al fertilizar con nitrógeno, aplicando dosis elevadas, se pueden generar altas concentraciones de nitratos en planta. Si las mismas

son consumidas por los animales, pueden provocar intoxicación por nitratos, que dependiendo del caso pueden terminar en la muerte del animal (Banchero y Pigurina, 1992).

En referencia a lo antes mencionado, Formoso (2010), señala que existen algunas condiciones que favorecen la alta presencia de nitratos en planta, como ya fue mencionado, el alto suministro de nitrógeno es una de ellas, pero además, las condiciones de estrés ambiental, tales como baja luminosidad, frío y períodos secos, es decir, factores que enlentecen las tasas de crecimiento vegetal, también son factores predisponentes.

Carámbula (2010), indica que, luego de la ocurrencia de sequías, también se pueden generar problemas al producirse una alta liberación de nitrógeno de la materia orgánica del suelo.

2.4 MANEJO DEL PASTOREO

2.4.1 Consideraciones generales

Un buen manejo del pastoreo, tiene como objetivos principales producir la máxima cantidad de forraje con la mayor calidad posible, manteniendo las pasturas vigorosas, persistentes y estables a largo plazo (Formoso, 1996). A su vez, se debe asegurar que la mayor cantidad posible de alimento producido sea consumido por el animal en pastoreo, es decir, que la eficiencia de utilización sea adecuada (Smetham, 1981). Por otro lado, se deben mantener ganancias aceptables y obtener una conversión eficiente de pasto a producto animal (Fisher et al., 2000).

Luego de un pastoreo, el proceso de rebrote de una pastura sigue una fase exponencial de desarrollo de nuevos tejidos, un incremento en la capacidad de absorción de luz y por ende de la actividad fotosintética. Posteriormente, ocurre una fase lineal de acumulación de forraje y finalmente una desaceleración por incremento en la tasa de senescencia de las estructuras más viejas, determinando así el nivel de producción neta (Birchman y Hodgson, 1983).

Cangiano (1996), señala que uno de los objetivos perseguidos por el manejo de la defoliación en especies forrajeras, particularmente las gramíneas perennes, es obtener una buena tasa de macollaje y consecuentemente desarrollar nuevas hojas, lo que se logra permitiendo el ingreso de luz a la base de las plantas.

En sistemas de pastoreo, Teuber et al. (2007), manifiestan la necesidad de no permitir la elongación de tallos y floración entre dos pastoreos sucesivos de una pradera, para así evitar la dominancia apical y permitir un rebrote más alto con el consecuente aumento en el macollaje.

En el mismo sentido, Mazzanti et al. (1994), afirman que, en buenas condiciones de temperatura y disponibilidad de forraje, debería elevarse la carga animal y reducirse los períodos de reposo, para evitar la acumulación de material muerto de la pradera, ya que se dan aumentos en las tasas de aparición, elongación y senescencia foliar.

De acuerdo con Smetham (1981), en los sistemas pastoriles se puede incrementar la eficiencia de utilización, la productividad y la persistencia de las pasturas según el manejo del pastoreo que se realice en cuanto a intensidad y frecuencia de defoliación.

2.4.2 Parámetros que definen el pastoreo

2.4.2.1 Intensidad

Este parámetro hace referencia a la altura del rastrojo al retirar los animales y está asociado al rendimiento de cada pastoreo o corte. Al afectar el rendimiento de cada defoliación, se condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total de la pastura (Carámbula, 2010). La altura de corte, tiene estrecha relación con la remoción de los puntos de crecimiento que ocurren durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reservas.

Cada especie posee una altura mínima de forraje remanente sin que el crecimiento posterior sea afectado de forma negativa. En general, las gramíneas perennes, se caracterizan por poseer los puntos de crecimiento al ras del suelo, por debajo de la altura de utilización, por lo tanto, estas especies permiten pastoreos bastante intensos (Teuber et al., 2007). Por su parte, Carámbula (2004), señala que, en el caso de las especies postradas, admiten alturas menores de defoliación que las erectas, aunque éstas últimas pueden adaptarse adquiriendo arquitecturas más rastreras como respuesta a un manejo intenso.

En términos generales, cuando el corte o pastoreo se efectúa a bajas alturas, el crecimiento vegetativo se afecta severamente en la primera fase o etapa de crecimiento, debido a que la planta no dispone de un área foliar remanente capaz de efectuar una fotosíntesis activa que le permita una adecuada conversión de energía lumínica en biomasa, por lo que, en esta

etapa, el crecimiento se hace dependiente de las reservas orgánicas de la planta (Del Pozo, 2004).

Una mejora en la utilización instantánea del forraje a través de pastoreos intensos, no necesariamente mejora la producción de la pastura a largo plazo, sino que, por el contrario, determina que ésta sea menor (Virkajarvi et al., 2002). Al respecto, Chilibróste et al. (2008), afirman que se obtiene menor producción de forraje con pastoreos de mayor intensidad, y coinciden en que la utilización del forraje producido es mayor, debido a la mayor remoción de forraje verde y a las menores pérdidas por senescencia.

Por tanto, para lograr la máxima producción por hectárea, se debe evitar una defoliación tan severa que disminuya el crecimiento de la pastura, pero que, a su vez, sea lo suficientemente intensa como para que la eficiencia de cosecha sea alta, disminuyendo las pérdidas de forraje por senescencia (Cangiano, 1996).

Como recomendación general, Carámbula (2004), recomienda pastorear las especies postradas hasta no menos de 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm para evitar daños graves en la pastura.

2.4.2.2 Frecuencia

La frecuencia de defoliación es otro de los parámetros a tener en cuenta en el proceso de pastoreo. Es definida como el intervalo de tiempo entre dos defoliaciones sucesivas (Pineiro y Harris, 1978).

Las plantas cortadas o pastoreadas antes de ser sometidas a un período de descanso lo suficientemente largo como para recuperar las reservas utilizadas, tendrán un rebrote más lento y su rendimiento será menor (Smetham, 1981). Además, Formoso (2000), señala que las disminuciones de las reservas debilitan las plantas aumentando su susceptibilidad al ataque de enfermedades y muerte de las mismas.

Cuando la defoliación es frecuente y la pastura no logra alcanzar su índice de área foliar óptimo, la relación rojo/rojo lejano de la luz que llega a la base de las plantas aumenta, lo que promueve la formación de plantas con hojas cortas y con una alta densidad de macollos. En cambio, cuando la defoliación es menos frecuente, aumenta la competencia por luz entre las plantas, por lo que éstas desarrollan hojas largas y una baja densidad de macollos (Mazzanti et al., 1994).

La velocidad que tiene la pastura para alcanzar cierto volumen de forraje es lo que determina la longitud del período de crecimiento. En leguminosas se puede hacer una utilización más frecuente, debido a que su IAF óptimo es menor al de las gramíneas (Carámbula, 2004).

Desde el punto de vista morfo-fisiológico, para maximizar la eficiencia de producción y cosecha de forraje, en gramíneas, se debería tener en cuenta el número máximo de hojas vivas por macollo de la especie tratada, a la hora de programar una metodología de pastoreo, lo que está determinado por el equilibrio entre la tasa de aparición de hojas y la muerte de las mismas. Para el caso de *Festuca arundinacea*, este número es de 2,5 hojas por macollo (Mazzanti et al., 1994).

En este sentido, Colabelli et al. (1998), señalan que aquellos genotipos que presentan un recambio foliar más acelerado, o en pasturas sometidas a fertilizaciones nitrogenadas donde se acumulan grandes cantidades de biomasa (Parsons, 1988), se deberían llevar a cabo defoliaciones con alta frecuencia para evitar que se produzcan altas pérdidas de hojas por senescencia y/o la muerte de macollos.

En el sentido opuesto, los genotipos con baja TAF, presentan bajos niveles de senescencia por períodos más prolongados. Esto, sumado a una menor velocidad de restitución de tejido foliar, los hace especialmente aptos para sistemas que involucren defoliaciones poco frecuentes.

Zanoniani y Ducamp (2004), proponen un manejo de pastoreo para praderas que consiste en ingresos con una disponibilidad de 1800 kg/ha de MS en otoño, invierno y verano, y de 2000 kg/ha de MS en primavera, dejando un remanente de aproximadamente 750 kg MS/ha.

Otro criterio para determinar la frecuencia de pastoreo, es mediante la altura del forraje. Hodgson (1990), señala que la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo, siendo esta la variable más simple para predecir la respuesta, tanto de la pastura como del animal.

Carámbula (2010), señala que en praderas conformadas por festuca, si el objetivo es producir forraje de calidad, se debe ingresar a pastorear con alturas no mayores a 10-15 cm, evitando así la formación de maciegas. Por otro lado, según Ayala et al. (2010), se recomienda entrar a pastorear con alturas disponibles entre 15 y 18 cm para favorecer el rendimiento y calidad.

2.4.3 Efectos que ejerce el pastoreo sobre la pastura

2.4.3.1 Efecto sobre el rebrote

Cangiano (1996), manifiesta que el rebrote luego del pastoreo depende de varios factores, entre los cuales resalta el área foliar remanente y su eficiencia fotosintética, la eliminación del meristema apical y el nivel de reservas de carbohidratos en el forraje remanente.

Las reservas de carbohidratos, se ubican en la base de las plantas, más precisamente por debajo de los 5 cm de las mismas, por lo tanto para no desperdiciar estos carbohidratos, es importante no pastorear por debajo de la altura anteriormente mencionada. Aprovechando dichas reservas para un buen rebrote de la pastura (Donaghy y Fulkerson, citados por Teuber et al., 2007).

Volenc y Nelson, citados por Balocchi et al. (2011), indican que los períodos de descanso para almacenaje y utilización de reservas son fundamentales para obtener un adecuado rebrote después de un corte, o a la salida del período de latencia. Reinoso y Soto (2006), resaltan que, descansos muy cortos conducen a una menor producción de las pasturas por debilitamiento de las plantas, mientras que descansos muy largos tienen como consecuencia pérdidas de calidad en la masa de forraje por madurez y aumento en la senescencia de la misma. Smetham (1981), señala que los descansos apropiados para pasturas cultivadas abarcan de 6 a 8 semanas en invierno y 3 a 4 en primavera.

Ayala (2012), reporta que una planta en buenas condiciones ambientales, buenos niveles de reserva y sometida a pastoreo intenso, tiene un buen crecimiento inicial, pero aplicar este manejo de forma repetida puede generar disminuciones en la capacidad de crecimiento e incluso en la persistencia de la pastura.

2.4.3.2 Efecto sobre la producción de forraje

La defoliación causa diversos efectos sobre las plantas y el posterior desempeño de las mismas. El grado de estos efectos pueden variar según las características morfo-fisiológicas de las distintas especies (Cangiano, 1996).

Skinner y Nelson, citados por Sylvia et al. (2012), mencionan que, pastoreos menos intensos, que dejan más forraje remanente, permiten a las plantas captar más luz y producir como consecuencia mayor cantidad de fotosintatos, originando macollos más grandes y por lo tanto mayor producción

de biomasa posterior, aunque, como ya fue mencionado, pastoreos muy aliviados, implican bajas eficiencias de utilización y por lo tanto grandes pérdidas por senescencia (Cangiano, 1996).

El efecto que causa el pastoreo es diferente según se trate de gramíneas o leguminosas. A igual área foliar remanente, las leguminosas tienen la capacidad de interceptar más luz por la disposición característica de sus hojas, lo que permite recuperarse más rápidamente que las gramíneas. Dentro de estas últimas, también es posible encontrar este comportamiento diferencial entre los tipos erectos y postrados. No obstante, a pesar de que las leguminosas y las gramíneas postradas tienen rebrotes más rápidos, alcanzan antes el IAF óptimo, por lo tanto, sus rendimientos de forraje resultan menor que el de una gramínea erecta. Se puede afirmar entonces que las gramíneas de porte erecto presentan un mayor rendimiento de forraje con manejos más aliviados (Carámbula, 2010).

Parsons (1988), observó una mayor producción forrajera cuando se pastorea de forma intermitente con defoliaciones severas, debiéndose a la mayor generación de hojas jóvenes y baja senescencia foliar durante el período de descanso.

En un sistema de pastoreo rotacional, la optimización de la producción de forraje para una sucesión de períodos de rebrote, implica que se pastoree cuando se alcanza la tasa de crecimiento promedio máxima (Chapman y Lemaire, citados por Gastal et al., 2004). Este momento, coincide con el punto en que la etapa de acumulación exponencial de biomasa se detiene, posterior al momento en que se llega a la máxima tasa de crecimiento instantáneo (Parsons, 1988).

2.4.3.3 Efecto sobre la calidad

En la medida que avanza el ciclo de vida de las plantas, con el pasaje del estado vegetativo a reproductivo, las hojas, principal componente de calidad, contribuyen en una menor proporción al rendimiento de materia seca digestible. A su vez, los tallos, tejidos de sostén, e inflorescencias aumentan en forma progresiva, por lo que, dado su menor valor nutritivo, la calidad de la pastura descende (Carámbula, 2010).

En este sentido, existen dos procesos por los cuales la calidad de la pastura compuesta por gramíneas disminuye a medida que la misma envejece. El primero, asociado a la menor degradabilidad de la pared celular, por el aumento de compuestos fenólicos precursores de la lignina que se unen a la

pared celular. El segundo, es la exportación de fracciones solubles desde las hojas senescentes hacia las que están en expansión. Por lo tanto, considera importante no implementar extensos períodos sin pastoreo, que acumulen material de poca digestibilidad. Este período, es necesariamente más extenso en ambientes limitantes (Cangiano, 1996).

Según Smetham (1981), si las pasturas son manejadas relativamente bajas, presentarán un follaje denso, verde y con buena digestibilidad durante todo el año, pero si se manejan demasiado bajas o con disponibilidad muy alta de forraje, la pastura se verá comprometida en cuanto a supervivencia y bajará su producción, deteriorándose significativamente. Con un manejo de cortes frecuentes, se genera un aumento en la relación hoja/tallo, el forraje producido contiene mayores niveles de proteína, extracto etéreo, y menores niveles de fibra cruda en comparación con los cortes menos frecuentes. Esto coincide con lo reportado por Cangiano (1996), quien indica que la calidad del forraje ofrecido, aumenta con cargas o intensidades de pastoreo superiores, aunque en algunos casos la calidad de la ingesta puede verse perjudicada al restringirse las posibilidades de que los animales puedan seleccionar forraje de mejor calidad.

Si se hace una comparación entre gramíneas y leguminosas, Carámbula (2004), señala que el mayor potencial nutritivo de las leguminosas frente a las gramíneas, es causado porque las leguminosas poseen menor proporción de pared celular, una digestibilidad mayor de la materia seca y por consiguiente un menor tiempo de retención de la ingesta, lo que conduce a mayores consumos.

2.4.3.4 Efecto sobre la composición botánica

Pastoreos repetidos sobre las especies vegetales más apetecibles determinan disminuciones en la dominancia de las mismas a lo largo del tiempo, dando espacio a la colonización de otras especies que no son demasiado consumidas por los animales. Esto motiva aumentos en la diversidad vegetal de la pastura (Deregibus, 2007).

De la misma manera, Cangiano (1996), señala que los pastoreos intensos y frecuentes cuando la especie considerada está en activo crecimiento tienen como resultado disminuciones en la capacidad competitiva de la misma frente a otras especies que soportan el pastoreo de manera más apropiada.

López (2017), reporta para praderas que tenían como base *Festuca arundinacea*, que la evolución del nivel de enmalezamiento tiende a decaer cuando se mantienen en el tiempo pastoreos con alta dotación, explicado principalmente por la menor selección realizada por los animales, ocasionando que las propias malezas formen parte de la dieta.

A modo de ejemplo Cosgrove (1992), observó reducciones de 50% en la producción de trébol rojo y aumentos del 60% de raigrás en primavera cuando se pastoreaba frecuentemente con alturas de ingreso a pastoreo de 10 a 12 cm frente a ingresos de 15 y 20 cm.

Por otra parte, Johns (1974), señala que, con pastoreos aliviados sobre pasturas con trébol blanco, una disminución de la intensidad de pastoreo, reducía la proporción de trébol blanco en las pasturas, a causa del incremento en el tamaño del área rechazada por los animales, aumentando el sombreado y reduciendo la ramificación. En cambio, con pastoreos más frecuentes, el trébol blanco aumentaba su proporción y producción.

Gardner et al., citados por Olmos (2004), reportan que una utilización frecuente del forraje produce menores rendimientos de materia seca, mayor invasión de malezas y mayor superficie con suelo desnudo.

2.4.3.5 Efecto sobre la persistencia

Las praderas de Uruguay, están generalmente compuestas por gramíneas y leguminosas, donde sus principales objetivos son brindar persistencia y aportar nitrógeno respectivamente. Desde el punto de vista de la producción de forraje entre años, se caracterizan por poseer un pico máximo en el segundo año de vida, descendiendo el mismo hacia el tercer y cuarto año, dicho descenso se asocia a la disminución de la fracción leguminosa. Dentro del componente gramínea, la festuca es una de las que más contribuye a mejorar la persistencia de la pastura, ya que permanece vegetativa durante el verano, dificultando la colonización de malezas en esta estación (Nöell, 1998).

Jauregui (2020), concluye que la supervivencia de macollos vegetativos presentes en primavera, contribuyen a mejorar la persistencia de una pastura de festuca, esta mayor supervivencia se logra con pastoreos intensos en invierno, para reducir macollos reproductivos y fertilizaciones nitrogenadas a inicios de primavera, para promover dicha supervivencia durante el verano siguiente.

Las estrategias de manejo para mejorar la calidad de la festuca, basadas en aumentos en la frecuencia e intensidad de defoliación, se traducen a corto o mediano plazo en pérdidas de vigor, menor persistencia y enmalezamiento de la pastura (Formoso, 2010).

Carámbula (2004), define que, para gramíneas perennes, el manejo de pastoreo debe permitir la aparición de nuevas unidades de crecimiento, manteniendo activo el proceso de macollaje, producción de hojas y tallos e incluso no impedir la floración de algunas especies en ciertas circunstancias.

2.4.3.6 Efectos del pisoteo y deyecciones

Deregibus (2007), define algunos factores además de la defoliación que pueden afectar tanto la producción, calidad, palatabilidad y composición botánica de la pastura. Uno de ellos es el pisoteo, el cual no tendría demasiados efectos sobre dichos parámetros, excepto en condiciones de importante humedad.

Smetham (1981), indica que el pisoteo genera depresión de la pastura, ya que resulta en un daño mecánico de la planta, donde macollos y vástagos son desgarrados de la corona y los tallos y las hojas machacadas. Esto se debe a que la producción de forraje se reduce por el pisoteo animal asociado a una mayor dotación. Existen especies más tolerantes al pisoteo, debido al hábito de crecimiento, estoloníferas y rizomatosas, tienden a ser más tolerantes, en contraposición, aquellas especies que contienen corona o no y son erectas, son muy susceptibles al pisoteo (Bavera y Beguet, 2001).

Por otra parte, las deyecciones tienen un efecto local sobre la calidad, producción, palatabilidad y composición botánica de las pasturas. El forraje que se encuentra debajo de la bosta es altamente rechazado por períodos prolongados de tiempo (2 meses). Como mínimo el 72% del N ingerido es devuelto al sistema mediante deyecciones. La orina es la vía predominante de retorno de N de la dieta (Montossi et al., 1996). También se excretan otros elementos de importancia como lo son el fósforo y el potasio. El fósforo es devuelto al suelo a través de las heces, principalmente, mientras que el potasio es por la orina.

2.5 PRODUCCIÓN ANIMAL

2.5.1 Aspectos generales de la producción animal

La producción de carne en sistemas ganaderos presenta una alta asociación con la cantidad y calidad del forraje consumido (Rovira y Velazco, 2008). En este sentido, según Crampton et al., citados por Waldo (1986), la ganancia de peso vivo de un animal en sistemas pastoriles, está explicada en un 70% por la cantidad de materia seca consumida, y en un 30% por la digestibilidad de la misma.

La producción de carne por unidad de superficie, se puede desglosar en dos componentes, los cuales son, la ganancia diaria individual y la carga empleada. Estos dos componentes se contraponen, por lo tanto, es importante encontrar un equilibrio entre ambos para maximizar los resultados. Es importante resaltar que las máximas producciones por hectárea o máximas ganancias individuales no significan que se obtengan los mejores resultados económicos, por esto la importancia de lograr dicho equilibrio (Gómez, 2004).

Las altas cargas generan baja disponibilidad de alimento por animal, lo que conlleva a que las ganancias individuales se reduzcan, pero existe una compensación por el incremento de la producción por unidad de superficie. Por otra parte, cargas demasiado altas implican que las ganancias individuales sean tan bajas que también limitan la producción por hectárea (Mott 1960, Heitschdmit y Taylor, citados por Cangiano 1996).

Cangiano (1996), señala que la fertilización con N, aumenta la producción de forraje, dicho aumento debe ir acompañado de ajustes en la carga animal, ya que, si esto no sucede, sería imposible observar grandes cambios en la producción animal, debido a que parte del forraje no sería consumido, dado que una alta proporción del mismo entra en senescencia. Solamente en casos donde el valor nutritivo de la pastura aumenta, como sucede con fertilizaciones nitrogenadas, se pueden notar mejoras en la performance animal sin que se efectúen cambios en la dotación.

2.5.2 Relación entre consumo, oferta de forraje y otros aspectos

Allden y Whittaker (1970), definen el consumo, como el producto entre: la tasa de consumo (expresada en gramos por minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (expresado en minutos). Por su parte, la tasa de consumo es el producto entre la tasa de bocado (número de bocados por minuto) y el peso de bocado (gramos). Los mismos autores manifiestan que estos componentes del

consumo, están afectados por la altura y estructura de la pastura. Con alturas menores a 6-8 cm, se da un incremento en el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado, pero estos incrementos no son suficientes para compensar la reducción en el consumo por bocado, determinando por ende un menor consumo diario. A alturas menores (3-4 cm) se dan serias reducciones en el consumo.

La relación entre consumo de materia seca y cantidad de forraje se expresa gráficamente como una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo (Poppi et al., citados por Cangiano, 1996). Se puede distinguir una parte ascendente donde la característica que limita el consumo es la capacidad de cosecha del animal (factores no nutricionales), que se asocia con la estructura de la pastura, peso del bocado, tasa de bocado, tiempo de pastoreo y selección del forraje. Mientras que, en la parte asintótica de la curva, los factores que determinan el consumo son los nutricionales, como la digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos, considerando la oferta de forraje como no limitante. Por su parte, Cangiano (1996), hace referencia a otros factores que también modifican el consumo, como la edad y el peso animal, la oferta de forraje, la temperatura ambiental, humedad, fotoperíodo entre otras.

Moore, citado por Cangiano (1996), señala que cuando la disponibilidad de la pastura es elevada, las características de la misma generan que la distensión ruminal sea el principal factor que determina el consumo, y cuando el forraje es de muy alta calidad, la ingesta se encuentra influenciada principalmente por mecanismos metabólicos. De lo contrario cuando el suministro de forraje es bajo, el consumo es mayormente afectado por el comportamiento ingestivo del animal, a través de limitaciones en el peso de bocado, tasa de bocado y/o el tiempo de pastoreo.

Hodgson (1990), afirma que el peso del bocado es el principal factor que afecta el consumo, a su vez, este, está influenciado en gran medida por la altura del forraje, principalmente en pasturas de gramíneas templadas.

En la medida en que la disponibilidad de forraje, o la altura de la pastura es mayor, el consumo y la performance animal se ven favorecidos, lo que está asociado a una mayor facilidad de cosecha del forraje por parte de los animales (Montossi et al., 1996).

Por otra parte, Hodgson et al., citados por Deregibus (2007), señalan que mantener pasturas con un alto índice de área foliar, disminuye la densidad

de macollos y la relación hoja/tallo, causando limitaciones en el porcentaje y eficiencia de utilización del pasto, además de reducir el consumo animal.

Según Hodgson, citado por Carrera et al. (1996), la relación entre forraje disponible, consumo y comportamiento animal es curvilínea, ocurriendo aumentos decrecientes de dichos parámetros frente a cada aumento en el forraje disponible hasta un máximo, que generalmente ocurre en disponibilidades 3 o 4 veces mayor al volumen de forraje consumido.

Por su parte, Simeone y Beretta (2008), señalan que cuando la pastura es de buena calidad, la ganancia diaria de los animales es muy sensible a pequeños cambios en la oferta de forraje. Esto puede ocurrir en las estaciones de invierno y primavera. En tal sentido, y principalmente en invierno, cuando la disponibilidad del forraje es limitante, un control riguroso del pastoreo es fundamental para asegurar una buena performance.

Marsh, citado por Agustoni et al. (2008), trabajando con una pastura de raigrás perenne y trébol blanco, encontró que con ofertas de 3,0; 4,5; 6,0 y 7,5 % del PV, había respuestas lineales en ganancia individual, mientras que, trabajando con ofertas superiores, de 5,0; 7,5; 10,0 y 12,5 % del PV, las respuestas en ganancia de PV fueron curvilíneas, encontrándose pequeñas respuestas por encima de una oferta del 10 % del PV.

En otro ensayo, llevado a cabo por Rovira (2005), en primavera, con novillos de 317 kg pastoreando sobre pradera, se obtuvieron ganancias de 0,855; 1,096 y 0.990 kg/a/día, para ofertas de forraje de 5% PV, 9% PV y 15% PV, respectivamente.

Cantou et al. (2009), trabajando con una pastura mezcla de segundo año, compuesta por *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*, pastoreada con animales de raza Hereford, con un peso vivo promedio de 276 kg entre los meses de noviembre y marzo, obtuvieron ganancias promedio para distintas frecuencias de pastoreo de 0,349 y 0,491 kg/animal/día, las cuales resultan de ofertas de forraje de 3 y 9 % PV respectivamente. Cabe destacar que no encontraron efecto significativo de la frecuencia de pastoreo sobre la ganancia diaria individual.

Por su parte, Núñez et al. (2021), en una pastura de cuarto año dominada por *Festuca arundinacea*, trabajando con animales de 463 kg promedio, en el periodo invierno primaveral, con ofertas de forraje que se ubicaron entre los 5,7 y 7,6 kg MS/100 kg PV obtuvieron ganancias de entre 1,5 a 1,9 kg/animal/día

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El experimento se llevó a cabo en la UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”), en el potrero No. 33, ubicada en Ruta 3 km 363,500 Paysandú-Uruguay (32 ° 22'S - 58 ° 03'W). Dicho experimento se realizó entre los meses de julio y octubre del año 2020.

3.1.2 Información meteorológica

Uruguay presenta un clima templado a subtropical (Durán, 1985), con un promedio de precipitaciones de 1200 mm anuales, siendo su distribución 30 % verano, 28 % otoño, 18 % en invierno y 24 % en primavera.

De acuerdo a lo señalado por Berreta (2001), las temperaturas medias en el Uruguay oscilan entre 16°C para el sureste y 19°C para el norte. En cuanto al mes de enero, que es el mes más cálido, las temperaturas oscilan entre 22°C y 27°C, mientras que para el mes más frío del año, julio, las temperaturas varían desde 11°C a 14 °C respectivamente para cada región.

3.1.3 Descripción del sitio experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976), el experimento se situó sobre la formación geológica Fray Bentos, específicamente sobre la unidad San Manuel. Los suelos dominantes son Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosos (limosa), asociados a Brunosoles Éutricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz solodizados melánicos de textura franca.

3.1.4 Antecedentes del área experimental

El área experimental comprendió 9,6 ha (12 parcelas*0.8 ha) de una pastura de *Festuca arundinacea* cv. INIA Fortuna de cuarto año, sembrada en mayo del 2017 a una densidad de 15 kg/ha, acompañada de *Lotus corniculatus* (cv. San Gabriel) y *Trifolium pratense* (cv. LE 116) a razón de 8 y 4 kg/ha respectivamente.

Se fertilizó a la siembra con 100 kg/ha de 7-40/40-0 y en agosto con 70 kg/ha de urea (46-0-0). Luego, en el segundo y tercer año, se refertilizó la pastura con 100 kg/ha de 7-40/40-0 en otoño y 100 kg/ha de urea en agosto. En

el cuarto año de la pastura, la dosis de N fue diferida en dos momentos, la primera mitad se aplicó el 26 de junio y el resto el 15 de agosto.

Se realizaron dos controles de malezas, uno previo a la siembra de la pastura, en el cual se utilizó la mezcla de glifosato y flumetsulam, y el otro se efectuó en agosto del segundo año, aplicando flumetsulam (350 g/ha) + 2,4 DB (1,5 l/ha). Además en abril se efectuó una pasada de rotativa para eliminar las cañas florales y restos secos de malezas estivales.

3.1.5 Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental consistió en un DBCA (Diseño en bloques completos al azar). El área total fue dividida en tres bloques homogéneos desde el punto de vista topográfico (3,2 ha por bloque). Cada bloque fue subdividido en cuatro parcelas de 0,8 ha, las que fueron sorteadas al factor en estudio, las dosis de nitrógeno, dichas dosis corresponden a 0, 50, 75 y 100 kg de N por hectárea. De esta manera se formaron 12 parcelas en total.

Por lo tanto, los tratamientos fueron los siguientes:

- 0 kg de nitrógeno por hectárea (0N)
- 50 kg de nitrógeno por hectárea (50N)
- 75 kg de nitrógeno por hectárea (75N)
- 100 kg de nitrógeno por hectárea (100N)

Se realizó pastoreo rotativo con terneros raza de carne (Angus, Hereford y sus cruas) de 185 kg promedio de peso vivo, rotando los animales desde el bloque 1 al 3, del 3 al 2 y del 2 hacia el 1 nuevamente, considerándose un ciclo de pastoreo cuando los animales pasaban por todos los bloques, volviendo al bloque inicial, por lo que en cada ciclo, se incluyen los días de pastoreo y los días de descanso de la pastura. En total se realizaron dos ciclos de pastoreo, el primero desde inicios de julio hasta los primeros días de setiembre y el segundo desde setiembre hasta fines de octubre. La parcela testigo (0 kg de N/ha) fue pastoreada con 6 animales y las parcelas en las que se agregó nitrógeno fueron pastoreadas con 8 individuos cada una, con el objetivo de mantener una oferta de forraje similar entre tratamientos, ya que se espera según la hipótesis, una mayor producción de forraje con el agregado de nitrógeno. Se utilizó la altura del remanente del tratamiento testigo (aproximadamente 5 cm) como criterio para definir el cambio de bloque de los animales.

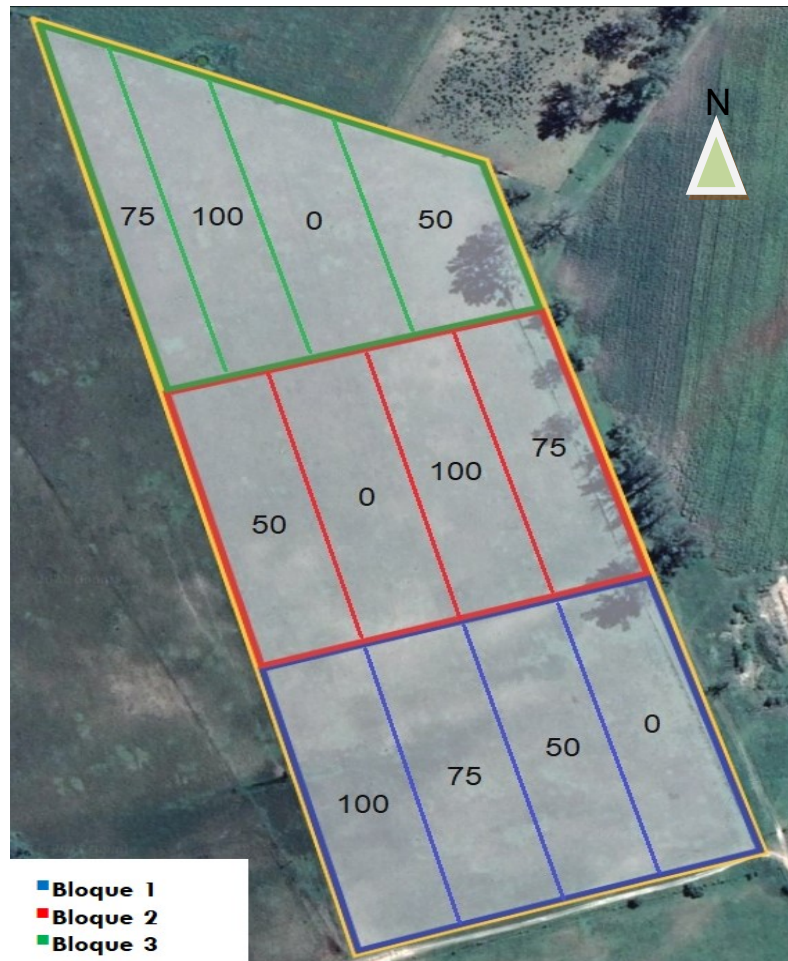


Figura No. 1. Disposición de los tratamientos en sus respectivos bloques

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se realizaron diferentes mediciones con el fin de determinar la producción de forraje y la composición botánica de la pastura frente a las diferentes dosis de nitrógeno, también se evaluó la evolución de peso de los animales, obteniéndose así la ganancia total e individual de los mismos, pudiéndose de esta manera calcular la producción de carne por hectárea.

3.2.1 Mediciones de las principales variables

Próximamente se resumen las principales variables estudiadas, con sus respectivos métodos de medición.

3.2.1.1 Forraje disponible y remanente

Se entiende por forraje disponible a la cantidad de forraje, expresado en kg/ha de MS al momento de ingreso de los animales a la parcela, más el crecimiento durante los días de pastoreo. El remanente es la cantidad de forraje (kg MS/ha) al momento de retirar los animales de la parcela.

Para la determinación de estas variables, se estableció una escala gradual de seis alturas, en las cuales, luego se realizó el posterior corte al ras con tijera de aro dentro de un rectángulo de 50 por 20 cm, de donde resultan seis muestras por parcela. Luego se procedió al secado de dichas muestras en estufa de circulación forzada de aire a 60°C durante 48 horas. Por último, se pesaron las muestras en seco.

Se realizó una ecuación de regresión que relaciona la biomasa del forraje (kg MS/ha) con la altura (cm), estimándose para dicha altura un promedio del total de mediciones realizadas, calculando luego la disponibilidad de forraje (kg MS/ha) introduciendo el promedio de alturas obtenidas (según lo explicado en el punto 3.2.1.2) para cada tratamiento en dicha ecuación de regresión. El mismo procedimiento se realizó para el forraje remanente.

3.2.1.2 Altura del forraje disponible y remanente

Se utilizó el método de Barthram (1986), donde se tomaron 30 medidas de altura, recorriendo cada parcela de forma sistemática, dicho procedimiento se llevó a cabo tanto para disponible como para el remanente. Dentro del rectángulo se midió el ápice de la hoja más alto en contacto con la regla. Luego se estimó el promedio de altura de cada parcela, que después fue ingresado en la ecuación de regresión.

3.2.1.3 Materia seca desaparecida

Se refiere a la materia seca desaparecida durante el pastoreo, y resulta de la diferencia entre forraje disponible y remanente, ajustado por la tasa de crecimiento durante el período de pastoreo (Campbell, 1966).

3.2.1.4 Tasa de crecimiento

Se mide el crecimiento de forraje (kg MS/ha) en el período de descanso, definido este como los días transcurridos entre la salida y entrada de los animales a la parcela. La división del crecimiento de forraje sobre el número

de días de descanso da como resultado la tasa de crecimiento, medida en kg MS/ha/día.

3.2.1.5 Producción de forraje

Se calcula como la sumatoria de la diferencia entre forraje disponible y remanente, ajustado por la tasa de crecimiento diaria ponderado por el número de días de pastoreo de los animales en la parcela. La producción de forraje es medida en kg/ha de MS (Campbell, 1966).

3.2.1.6 Porcentaje de cosecha

Se trata del porcentaje (en base 100) del forraje desaparecido en función del forraje disponible. Campbell (1966), lo define como la proporción removida por el pastoreo en relación a lo que había inicialmente, sumado el crecimiento del período.

3.2.1.7 Composición botánica

La composición botánica hace referencia a la participación en porcentaje de las diferentes fracciones de la pastura (gramíneas, leguminosas y malezas), se determinó por el método de Brown (1954). Estimándose visualmente el porcentaje en biomasa de festuca, raigrás, leguminosas, malezas y restos secos, que suman el 100% dentro del marco de 50 por 20 cm; además se cuantificó la proporción de suelo descubierto dentro del mismo. Se realizaron 30 medidas por parcela.

3.2.1.8 Peso de animales

Se obtuvo el peso inicial y final de los animales individualmente con una balanza electrónica, se encierran en la mañana temprano sin acceso a agua y se realiza el pesaje al mediodía. Las pesadas se realizaron el 15/7/2020 y 15/10/2020.

Para las diferencias que tenían los animales en cuanto a PV inicial, es importante aclarar que, para analizar los datos, se utilizó como covariable el peso inicial, con el objetivo de ajustar las diferencias iniciales y no afectar el análisis de datos durante el período experimental.

3.2.1.9 Ganancia de peso

La ganancia de peso se estimó dividiendo la diferencia de peso (final menos inicial) sobre el número de días transcurridos en el período de pastoreo, resultando la ganancia en kg/animal/día. También se promediaron las ganancias de los animales dentro de cada parcela para obtener la ganancia media diaria por tratamiento.

3.2.1.10 Oferta de forraje

Se refiere a los kg de materia seca ofrecida por día cada 100 kg de peso vivo de los animales.

3.2.1.11 Producción de peso vivo

Se obtuvo la producción de peso vivo dividiendo la ganancia de peso total sobre el número de hectáreas de la parcela. Dicha producción se calculó para cada tratamiento por separado.

3.3 HIPÓTESIS PROPUESTAS

3.3.1 Hipótesis biológica

- La fertilización nitrogenada tiene efecto en la producción de forraje y composición botánica de la pastura.
- La fertilización nitrogenada tiene efecto en la producción de peso vivo (PV).

3.3.2 Hipótesis estadística

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

Ha: al menos un τ diferente.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.4.1. Modelo estadístico para la producción vegetal

Para dicho punto se realizó el análisis de varianza entre tratamientos (ANAVA) para un diseño en bloques completamente al azar (DBCA). Para la comparación de medias, en el caso de existir diferencias entre tratamientos, se

estudiaron las mismas a través del análisis comparativo de medias de Tukey con una probabilidad del 10%.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \text{ con } \text{iid} \sim N(0; \sigma^2)$$

Siendo:

Y la variable de interés
 μ la media poblacional
 t_i el efecto de i ésimo tratamiento
 β_j el efecto de j ésimo bloque
 ε_{ij} el error experimental

3.4.2. Modelo estadístico para la producción animal

Para dicho punto se realizó el análisis de varianza entre tratamientos (ANAVA) para un diseño completamente al azar (DCA). Se utilizó como covariable el peso inicial, con el objetivo de ajustar las diferencias de peso que tenían los animales al comienzo del experimento.

Para la comparación de medias, en el caso de existir diferencias entre tratamientos, se estudiaron las mismas a través del análisis comparativo de medias de Tukey con una probabilidad del 10%.

$$Y_{i1} = \mu + T_i + \beta_1 + \varepsilon_{i1} \text{ con } \varepsilon_{i1} \text{ iid} \sim N(0; \sigma^2)$$

Siendo:

Y_{i1} la variable de interés
 μ la media poblacional
 β_1 la covarianza del peso inicial
 t_i el efecto del i ésimo tratamiento
 ε_{i1} el error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

A continuación, se presentan los datos de precipitaciones y temperatura del período en estudio, el cual abarca los meses de junio a octubre del año 2020, comparado con una serie histórica que comprende 17 años (2002-2018). Dichos datos corresponden a la estación experimental Mario A. Cassinoni. Esta comparación permite identificar los posibles efectos del factor clima sobre las variables analizadas.

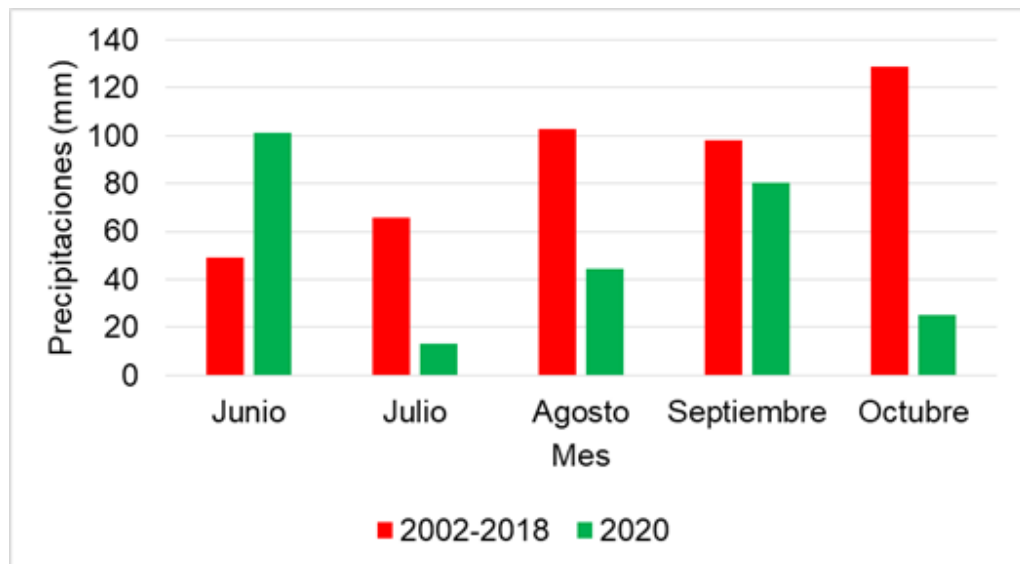


Figura No. 2. Precipitaciones acumuladas mensuales comparadas con el registro promedio histórico del período 2002-2018

Examinando los datos, se puede observar que sólo en el mes de junio las precipitaciones superaron la media histórica, más precisamente en 52 mm. En los meses restantes, las precipitaciones del año en estudio estuvieron por debajo de la media histórica, las diferencias fueron más acentuadas en los meses de julio, agosto y octubre, dichas diferencias fueron de 52, 58 y 104 mm respectivamente. La diferencia total acumulada en los últimos cuatro meses fue de 233 mm.

Por su parte, el balance hídrico elaborado con los datos de precipitación y evapotranspiración para los meses de estudio, muestra que los valores son negativos para todos los meses, exceptuando al mes de junio. El mes de

octubre fue el que tuvo el valor más negativo, siendo de -103 mm. En cuanto al agua disponible, solamente los meses de junio y julio presentaron valores positivos.

Cuadro No. 1. Balance hídrico del año 2020

Mes	Precipitación (mm)	ET (mm)	Balance	Agua disponible en el suelo (mm)
Mayo	40	57	-17	0
Junio	101	39	62	62
Julio	13	44	-31	31
Agosto	44	82	-38	0
Setiembre	80	90	-10	0
Octubre	25	128	-103	0

La performance del principal componente de la pastura (*Festuca arundinacea*) puede verse afectada por el estrés hídrico evidenciado, por una reducción en la tasa de elongación foliar, generando hojas de menor tamaño. Además, se ha observado una disminución en la tasa de macollaje y en el número de hojas vivas por macollo, junto con el aumento en la tasa de senescencia, como consecuencia la vida media foliar es menor, originando una pastura menos densa y de menor IAF (Turner y Begg, 1978). Lo contrario sucedería con el crecimiento radicular, el cual tiende a ser mayor, dándose una consecuente disminución en la relación parte aérea/raíz (Gales, 1979).

A continuación, se presenta la evolución de temperatura (°C) del período en estudio:

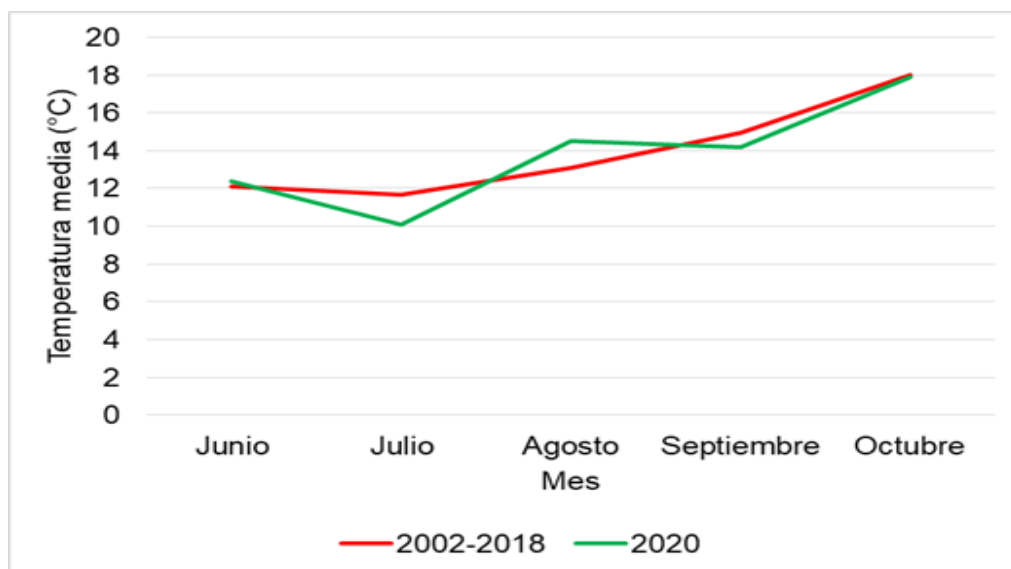


Figura No. 3. Evolución mensual de la temperatura media comparada con el registro promedio histórico 2002-2018

Se puede apreciar que la temperatura del año 2020 no difirió en grandes magnitudes con respecto a la serie histórica. Las diferencias más visibles se encuentran en el mes de julio, donde la temperatura del año trabajado se encuentra 1,6 °C por debajo de la serie. Por otra parte, en el mes de agosto, la temperatura promedio se encuentra en 1,4 °C por encima del promedio histórico, luego se mantiene por debajo con diferencias para setiembre de casi 1 °C.

Teuber et al. (2007), manifiestan que entre los 20 y 25 °C se encuentra la máxima eficiencia fotosintética en praderas mezcla, disminuyendo hacia los 10 °C y siendo casi nula a 5 °C. Comparando dichos resultados con los del año en estudio se puede concluir que hacia los meses de setiembre y octubre la eficiencia fotosintética se acercaría a la máxima y sería menor hacia los meses de junio, julio y agosto.

4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

A continuación, se tratarán los resultados obtenidos para las variables vinculadas a la producción de forraje. A los efectos de analizar la información, se muestran los datos del primer pastoreo, realizado en la segunda mitad del invierno y del segundo pastoreo, llevado a cabo durante la primera mitad de la

primavera, así como también aparecen resultados de todo el período experimental, considerando ambos pastoreos.

Para facilitar la presentación de los resultados, siempre los nombres de los tratamientos son las dosis totales de N aplicado durante todo el período experimental (0, 50, 75 y 100 kg de N/ha). Sin embargo, debido a que las dosis de nitrógeno aplicadas fueron diferidas en dos momentos (una mitad fue aplicada al inicio del primer pastoreo y la otra al inicio del segundo), se debe tener en cuenta que cuando se muestran resultados de primer o segundo pastoreo, el nombre de los tratamientos no coincide con las dosis a las que se hace referencia, ya que estas equivalen a la mitad a las señaladas en cada tratamiento (0, 25, 37,5 y 50 kg de N/ha), mientras que cuando se hable en términos de promedio o total del período experimental, las dosis a las que se hace referencia son las totales aplicadas y por lo tanto el nombre de los tratamientos sí coincide con las mismas (0, 50, 75 y 100 kg de N/ha).

4.2.1 Forraje disponible

En el siguiente cuadro, se muestra la disponibilidad de forraje promedio durante el período experimental para cada tratamiento, expresada en biomasa (kg MS/ha) y en altura (cm):

Cuadro No. 2. Forraje disponible en kg/ha de MS y altura promedio (cm) para el período evaluado

Tratamiento	Disponible (kg MS/ha)	Disponible (cm)
0N	779 C	8,5 B
50N	914 BC	9,6 B
75N	1106 AB	11,6 AB
100N	1274 A	13,4 A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

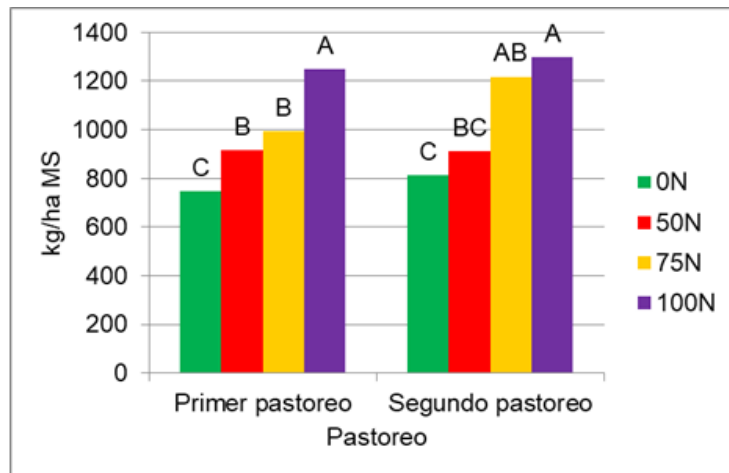
Se puede notar, que en cuanto a forraje disponible en kg de MS/ha, los tratamientos que llevaron nitrógeno difieren significativamente del testigo, a excepción del tratamiento 50N, que no presentó diferencias estadísticas con el mismo. Además, el forraje disponible del tratamiento 100N, fue superior al de 50N. Para el caso del disponible en altura (cm), se puede afirmar que existe una mayor altura del forraje del tratamiento con 100 unidades de N, respecto al testigo y al de 50 kg de N/ha, no encontrándose diferencias con el tratamiento de 75 unidades de N.

Estos resultados, van de la mano con lo reportados por Formoso (2010), quien encontró un aumento en la acumulación de materia seca en la medida que se incrementan las dosis de nitrógeno aplicado. Esta superioridad en términos de forraje disponible de los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno, puede explicarse por los efectos del N sobre las tasas de crecimiento (ver punto 4.2.5). En este sentido, el agregado de N tiene un efecto positivo sobre el macollaje y la tasa de elongación foliar. Altas TEF producen rápidamente una mayor área foliar y promueven una alta tasa de establecimiento y de rebrote después del pastoreo (Gao y Wilman, 1994).

Algo que llama la atención, son las bajas alturas disponibles, principalmente del testigo y el tratamiento 50N. Arenares et al. (2011), trabajando con una oferta de forraje de 6,8 %PV, similar a la del tratamiento 100N (ver cuadro No. 8), obtuvieron disponibles de 13 cm de altura, con una cantidad de biomasa de 1850 kg MS/ha, algo superiores a los encontrados en este trabajo. Por su parte, Aldeta et al. (2017), con ofertas de forraje de 4 %PV, alcanzaron disponibles de 1400 kg MS/ha, con 18 cm de altura. Mientras que Núñez et al. (2021), con distintas dosis de N, iguales a las utilizadas en este trabajo, también obtuvieron disponibles superiores, en el entorno de los 1300 a 1500 kg/ha de MS con 15 cm de altura aproximadamente.

La menor cantidad de materia seca disponible encontrada respecto a estos autores, puede deberse a la avanzada edad de la pradera, y fundamentalmente a la falta de precipitaciones, principalmente en la segunda mitad del período experimental. De todas maneras, como ya fue expuesto, el agregado de N provocó aumentos en la disponibilidad de forraje.

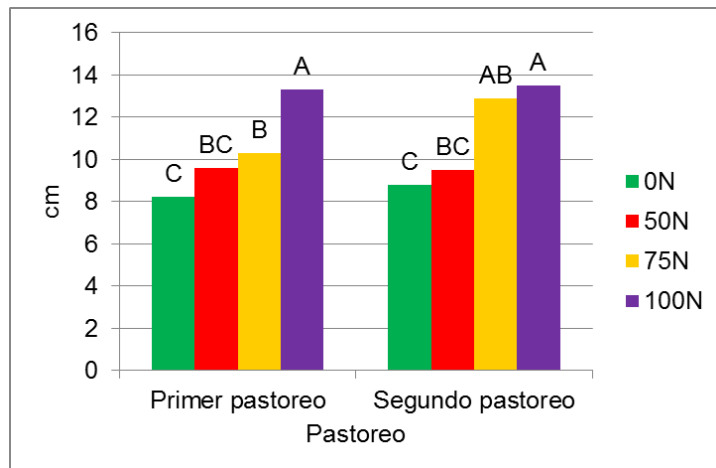
Respecto a los dos pastoreos realizados, en las siguientes figuras se muestra la evolución del forraje disponible al momento de inicio de cada pastoreo, tanto en biomasa (figura No. 4) como en altura (figura No. 5):



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada pastoreo ($p \leq 0,10$).

Figura No. 4. Evolución del disponible entre pastoreos en kg MS/ha

En el primer pastoreo, se evidencia una mayor disponibilidad de forraje en kg/ha de MS para el tratamiento 100N a diferencia de los otros tratamientos, mientras que los tratamientos de 75N y 50N, estadísticamente, también presentaron una mayor disponibilidad frente al testigo.



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada pastoreo ($p \leq 0,10$).

Figura No. 5. Evolución del disponible entre pastoreos en cm

En cuanto a la altura disponible, ocurre algo similar. En el tratamiento 100N, la altura disponible fue mayor que en el resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento 75N fue superior al testigo en términos estadísticos.

Para el segundo pastoreo, se da la misma tendencia que en el primero, se observa una superioridad de los tratamientos de 100N y 75N sobre el testigo, tanto en biomasa como en altura.

Además de los efectos ejercidos directamente por el agregado de N, las bajas acumulaciones de materia seca al momento del pastoreo, principalmente en el tratamiento testigo y en los de menor cantidad de N agregado, también pueden ser explicadas por la mayor presión de pastoreo (o menor oferta de forraje) registrada en dichos tratamientos (ver cuadro No. 8). Este factor, se debe considerar en el sentido de que en las pasturas sometidas a un pastoreo menos intenso, hay una mayor área foliar remanente (como se mostrará a continuación en el punto 4.2.2) y, por lo tanto, mayor área fotosintéticamente activa que permite una mejor recuperación y rebrote de la pastura.

Se podrían haber esperado mayores disponibilidades y alturas de forraje en el segundo pastoreo respecto al primero, por las condiciones de temperatura y radiación más favorables para el crecimiento vegetal en la primavera y por el hecho de que la planta comienza a entrar en la etapa reproductiva, lo que significa altas tasas de crecimiento (Formoso, 2010), aunque también deben ser consideradas las condiciones hídricas ocurridas durante el período experimental. Este aspecto será retomado en el punto 4.2.6., donde se analizará la producción de forraje. Por otro lado, otra posible explicación, es que la duración del segundo pastoreo fue algo menor, lo que significa tiempos de descanso menores respecto al primero, por lo que los disponibles no llegan a ser superiores.

Se puede notar que las alturas de entrada nunca superaron los 15 cm, por lo que, en este sentido, según lo señalado por Carámbula (2010), al no entrar a pastorear con alturas mayores a 10-15 cm se favorece la calidad de la pradera, principalmente del componente festuca, que de por sí era el que dominaba, al evitar la formación de maciegas.

Sin embargo, este manejo realizado, de defoliaciones frecuentes, principalmente en los tratamientos con menor cantidad de N agregado, antes de que la planta alcance una altura mayor, según Ayala et al. (2010) de aproximadamente 15-18 cm, puede tener un efecto negativo sobre el

rendimiento y la persistencia de la pastura, ya que las plantas son pastoreadas antes de ser sometidas a un período de descanso lo suficientemente largo como para recuperar las reservas utilizadas previamente.

4.2.2 Forraje remanente

A continuación, se muestra el forraje remanente promedio correspondiente a cada tratamiento, tanto en kg/ha de MS como en cm:

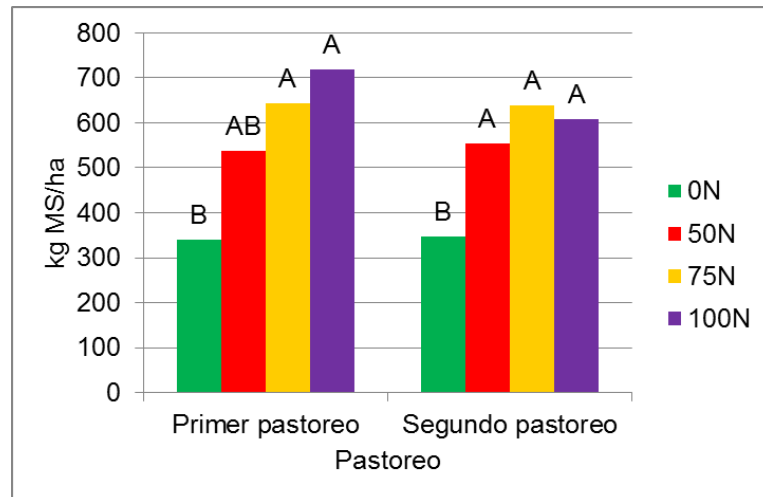
Cuadro No. 3. Forraje remanente en kg/ha de MS y altura promedio (cm) para el período evaluado

Tratamiento	Remanente (kg MS/ ha)	Remanente (cm)
0 N	344 B	4,9 A
50 N	546 A	5,8 A
75 N	641 A	6,1 A
100 N	663 A	7,5 A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

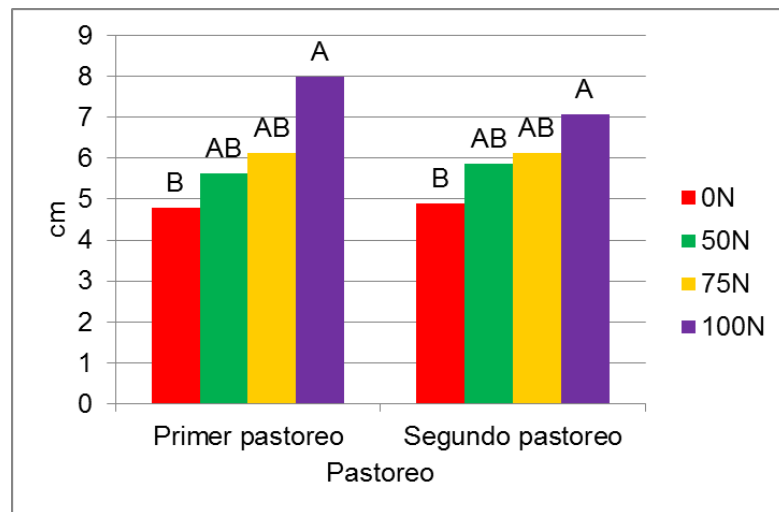
Como se puede observar, en cuanto a biomasa (kg MS/ha), todos los tratamientos que llevaron aplicaciones de nitrógeno fueron iguales estadísticamente y en los mismos, el remanente fue superior respecto al testigo, no encontrándose diferencias estadísticas en la altura remanente.

En referencia al forraje remanente por pastoreo, los resultados no difieren en gran medida al promedio, esto se puede ver en las figuras No. 6 y No. 7, tanto en kg de MS como en cm.



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada pastoreo ($p \leq 0,10$).

Figura No. 6. Evolución del remanente entre pastoreos en kg MS/ha



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada pastoreo ($p \leq 0,10$).

Figura No. 7. Evolución del remanente entre pastoreos en cm

Se puede notar, que, sin incluir al testigo, todos los tratamientos tuvieron remanentes superiores a los 5 cm, lo que está dentro de lo recomendado para esta especie (Ayala et al., 2010). Estos mayores

remanentes, derivan de las mayores ofertas de forraje generadas a partir de la mayor producción de materia seca en los tratamientos fertilizados (principalmente en el tratamiento 100N), dado que la cantidad de animales era la misma en los tratamientos con agregado de N y menor en el testigo. De todos modos, con mayores remanentes, es esperable un rebrote más acelerado, ya que el proceso de captura de radiación no se interrumpe, lo que permite alcanzar antes el IAF crítico (Smetham, 1981), dando lugar así, a mayores tasas de crecimiento y mayores acumulaciones de forraje. Contrariamente, el tratamiento que no tuvo agregado de nitrógeno, aunque estuvo sometido a una menor carga (UG/ha), presentó un remanente muy bajo, inferior a los demás, lo que genera un rebrote más lento, así como una menor disponibilidad de forraje en el siguiente pastoreo.

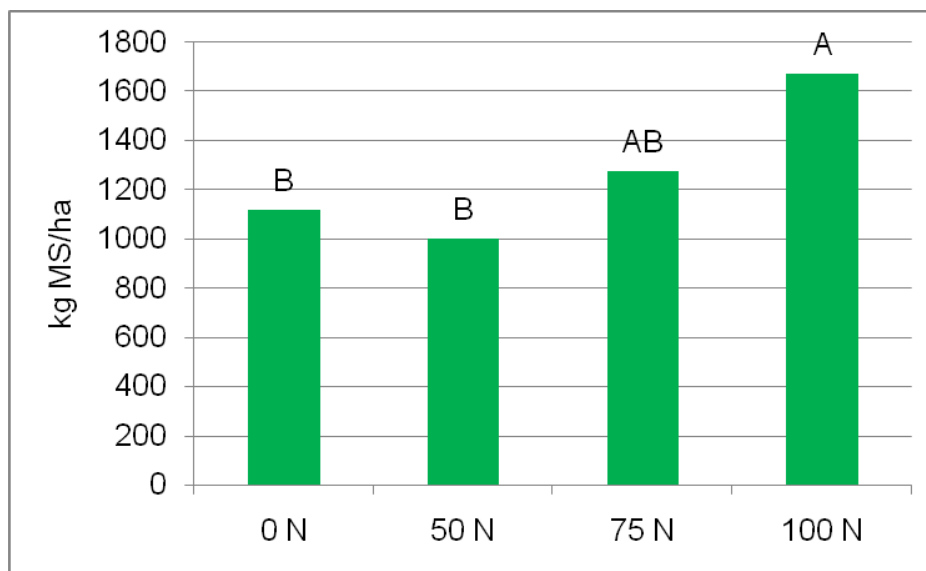
Estos resultados van en la línea con lo mencionado por Carámbula (2004), ya que el rendimiento de cada pastoreo o corte (intensidad de cosecha), está dado por la altura del rastrojo al retirar los animales, lo que no sólo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total de la pastura. En este sentido, la mayor intensidad tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje subsiguiente. Además, es muy importante que el rastrojo que se deje sea realmente eficiente. Para que esto suceda debe estar formado por hojas nuevas, con porcentajes mínimos de mortalidad, lo cual compensa temporariamente eventuales índices de área foliar (IAF) bajos.

Zanoniani (2010), manifiesta que utilizar remanentes en torno a los 5 a 7 cm, aún cuando existe área fotosintéticamente activa en pasturas mezcla, permite aumentos en la producción y persistencia del forraje en aproximadamente 33 y 25% respectivamente. Por lo tanto, siendo que las alturas utilizadas son similares, el manejo del remanente realizado en el experimento podría contribuir a mejorar los parámetros mencionados previamente, principalmente en el tratamiento 100N, que de por sí, fue en el que se trabajó con la oferta de forraje más alta, de 6% PV, lo que se encuentra más cercano al óptimo para producción animal y persistencia productiva de la pastura (Zanoniani y Lattanzi, 2017).

4.2.3 Forraje desaparecido

A continuación, se presenta el forraje desaparecido incluyendo los dos pastoreos para cada tratamiento, donde se puede ver que existe una diferencia de aproximadamente 500 kg/ha de MS desaparecida entre el

tratamiento con 100 kg de nitrógeno aplicado y los demás, siendo significativa contra el tratamiento 50N y el testigo.



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Figura No. 8. Forraje desaparecido total (kg MS/ha) incluyendo ambos pastoreos

Teniendo en cuenta que la carga animal (UG/ha) es muy similar en los tratamientos que llevaron nitrógeno (1,5-1,6 UG/ha), la diferencia en el forraje desaparecido puede estar explicada por un mayor consumo por animal en el tratamiento de mayor cantidad de nitrógeno agregado. Lo que hace posible este mayor consumo, tiene que ver con la mayor disponibilidad de forraje (como se mostró anteriormente) y también con una mayor altura y accesibilidad al mismo, lo que les permite a los animales cosechar el forraje con mayor facilidad en dicho tratamiento (Hodgson, citado por Rovira, 2012).

Por otro lado, los menores desaparecidos en los restantes tratamientos, al estar sometidos a cargas similares, puede ser explicada por las menores disponibilidades y menores ofertas de forraje, por lo que el consumo por animal pudo haberse visto restringido, lo que, según lo señalado por Cangiano (1996), tiene un impacto directo sobre la ganancia individual de los animales (este aspecto será analizado en el punto 4.3.).

4.2.4 Porcentaje de cosecha

En cuanto al porcentaje de utilización, contrariamente a lo esperado, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, esto se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 4. Porcentaje de cosecha promedio

Tratamiento	Cosecha (%)
0 N	61 A
50 N	48 A
75 N	49 A
100 N	56 A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Si se comparan los valores obtenidos con los expuestos por Leborgne (1995), de 70% para praderas en invierno y 60 % en primavera, se puede notar que se encuentran un poco por debajo. Cabe destacar que el cálculo fue hecho en función del forraje disponible, a diferencia de dicho autor, que realiza el cálculo en función del crecimiento y además el método de cosecha que utiliza es de forma mecanizada, razón por la cual los valores pueden ser más bajos.

Podría haberse esperado un mayor porcentaje de cosecha en los tratamientos de menor cantidad de nitrógeno agregado, debido a las menores producciones de forraje y menor disponibilidad en dichos tratamientos. Lo que estaría relacionado con lo señalado por Mott (1960), Hodgson (1990), Cangiano (1996), Gastal et al. (2004), en cuanto a que, una menor oferta de forraje determina una menor oportunidad de selección y por lo tanto la eficiencia de utilización debería ser mayor. Seguramente, la diferencia en oferta de forraje entre los tratamientos, no fue lo suficientemente grande para que se generen estas variaciones en cuanto a porcentaje de cosecha.

Por otro lado, también debe tenerse en cuenta el manejo de defoliación realizado, en el sentido de que, en todos los tratamientos, los animales cambiaban de parcela en forma conjunta cuando se alcanzan alturas remanentes aproximadas de 5 cm en el tratamiento testigo. Por lo tanto, esta podría ser otra posible explicación de estos resultados obtenidos.

4.2.5 Tasa de crecimiento

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados obtenidos en cuanto a tasas de crecimiento, tanto para ambos pastoreos por separado, como para el promedio:

Cuadro No. 5. Tasas de crecimiento promedio y para cada pastoreo por separado (kg MS/ha/día)

Tratamiento	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
0 N	3,9 C	15,1 A	9,5 B
50 N	7,6 B	12,2 A	9,9 B
75 N	9,3 B	18,4 A	13,8 AB
100 N	14,2 A	19,4 A	16,8 A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

En cuanto al primer pastoreo, el tratamiento 100N, fue el que tuvo la mayor tasa de crecimiento, superando de forma significativa a los demás. Si se compara con el testigo, se puede ver que la tasa de crecimiento fue 3,6 veces más alta. Además, se puede notar que en los tratamientos 50N y 75N la tasa de crecimiento también fue superior a la del testigo estadísticamente.

Estos resultados, pueden ser explicados por los efectos que genera el agregado de nitrógeno en las gramíneas, entre ellos, acelera la tasa de elongación foliar (Gastal y Lemaire, 1988), y también es el elemento que más promueve el proceso de macollaje, principalmente con condiciones de luz y temperatura favorables (Smetham, 1981). Con fertilizaciones nitrogenadas, aumenta la tasa de aparición de los mismos, permitiendo a la pastura colonizar mayor área (Cruz y Boval 2000, Harris et al., citados por Jauregui 2020). De la misma manera, Olson y Richards (1989) expresan que la nutrición de los macollos aumenta, al igual que su peso y tamaño. Todo esto, permite aumentar rápidamente el IAF luego de cada pastoreo, generando así mayores tasas de crecimiento, lo que va acompañado de aumentos en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa absorbida y la eficiencia de uso de los recursos (Mazzanti et al., 1994). De esta manera se producen mayores acumulaciones de forraje en los tratamientos con N agregado.

Se puede afirmar que las tasas de crecimiento obtenidas en el primer pastoreo se encuentran un poco por debajo de lo esperado, en comparación con las tasas de crecimiento reportadas por Leborgne (1995), para pasturas de cuarto año compuestas por una gramínea perenne, *Trifolium repens* y *Lotus*

corniculatus, de 10 kg MS/ha/día al final del invierno. Además de las encontradas por Formoso (2010), de 17 kg MS/ha/día en praderas de festuca de tercer año, con dosis de 92 kg/ha aplicadas sobre el comienzo del invierno. Por su parte, si se hace la comparación con los resultados de Núñez et al. (2021) para la misma pastura en el año 2019, en el invierno, la tasa de crecimiento fue en promedio 2 kg de MS/ha/día superiores.

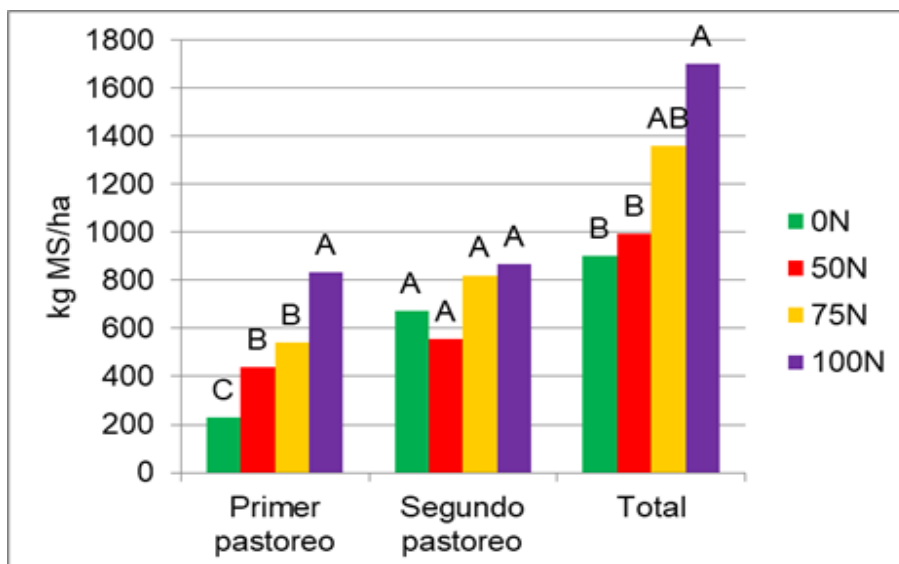
En cuanto al segundo pastoreo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto puede estar explicado por el déficit hídrico ocurrido en dicho período, el cual pudo haber limitado la respuesta al agregado de nitrógeno (ver punto 4.2.6.).

Si bien las tasas de crecimiento son superiores a las del primer pastoreo, lo que está explicado por mayores temperaturas, más cercanas al óptimo para especies templadas, que se encuentra entre 20 y 25 °C (Cooper y Tainton, citados por García, 2003), se puede decir que, para la estación, no fueron las esperadas teniendo en cuenta los valores obtenidos por otros autores. En este sentido, García (2003), obtuvo tasas de crecimiento para festuca en la primavera, de entorno a 33 kg MS/ha/día, similares a las reportadas por Formoso (2010) para dicha estación, de 30 kg MS/ha/día. Por otro lado, Núñez et al. (2021) obtuvieron tasas de crecimiento promedio de aproximadamente 40 kg MS/ha/día, muy superiores a las que se muestran en este trabajo, lo que estaría explicado por el efecto del déficit hídrico.

Si se analizan las tasas de crecimiento promedio por tratamiento, al igual que lo ocurrido para el primer pastoreo, se encontró efecto ejercido por el N sobre las mismas. En este sentido, el tratamiento 100N fue superior al de 0N y 50N, aunque estadísticamente, no se diferenció del tratamiento 75 N.

4.2.6 Producción de forraje

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la variable producción de forraje (kg MS/ha), para ambos pastoreos y para el todo el período experimental.



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Figura No. 9. Producción de forraje (kg MS/ha) total y para cada pastoreo

En concordancia con lo ocurrido para las tasas de crecimiento que fueron expuestas anteriormente, como era de esperar, se puede ver que, en la producción de forraje, para el primer pastoreo, el tratamiento 100N tuvo una mayor producción, mientras que en el segundo pastoreo no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos. A su vez, en la duración total del experimento, el tratamiento 100N fue superior al testigo y al tratamiento 50N estadísticamente, mientras que no tuvo diferencias significativas con el tratamiento 75N.

Se puede decir que, si bien las tasas de crecimiento fueron superiores en el segundo pastoreo (como se trató en el punto 4.2.5.), la producción de forraje, principalmente en los tratamientos con N agregado no tuvo grandes diferencias entre pastoreos, lo que se explica por el menor número de días de crecimiento que tuvo la pradera en el segundo pastoreo, ya que los animales cambiaban de parcela de forma más frecuente.

También se evaluó la respuesta existente en kg de MS, frente al agregado de nitrógeno. Esta relación fue calculada para el primer y segundo pastoreo, así como también para todo el período experimental. Algo que se debe recordar es que las dosis de N agregado fueron diferidas en dos momentos, una mitad agregada previo al inicio del primer pastoreo, y la otra previo al inicio segundo. Es por esto que, en las respuestas calculadas para

cada pastoreo por separado, solamente se consideró la dosis aplicada previo al comienzo de cada uno (0; 25; 37,5 y 50 kg de N/ha). En el caso de la respuesta calculada para todo el período, si se consideraron las dos dosis aplicadas.

Se puede decir que para el primer pastoreo (figura No. 10), se obtuvo una respuesta lineal frente al agregado de N. La magnitud de la misma fue de 11,3 kg de MS por kg de N agregado. Esta respuesta es un poco superior a la obtenida por Formoso (2010), quien, para el invierno, obtuvo respuestas de 8,2 kg MS/kg de N agregado. Por su parte Rebuffo (1994), señala que las pasturas con predominancia de gramíneas en este período, permiten obtener respuestas mínimas de 10 kg MS/kg N. Un factor que puede haber favorecido la respuesta obtenida se puede atribuir a que las dosis aplicadas no fueron tan elevadas respecto a las utilizadas por estos autores, ya que, según García et al. (1999), Morrison et al., citados por Carámbula (2010), en la medida que se incrementa la dosis aplicada se espera una disminución en la respuesta. De todas formas, la respuesta en esta estación fue aceptable teniendo en cuenta la avanzada edad de la pastura, que se encontraba en su cuarto año, además de que, en invierno, las bajas temperaturas limitan el crecimiento vegetal y por tanto la respuesta al nitrógeno (Formoso, 2010).

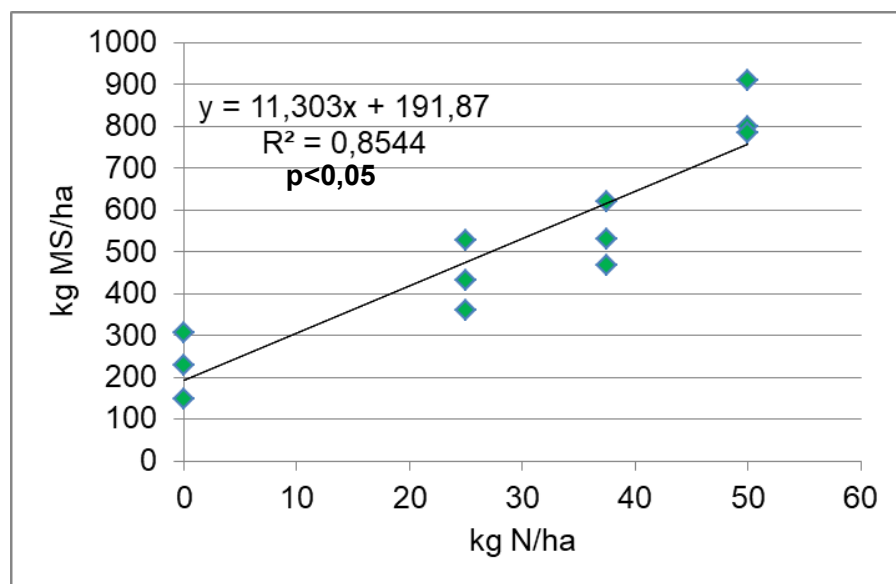


Figura No. 10. Respuesta (kg MS/ha) al agregado de nitrógeno para el primer pastoreo

En cuanto al segundo pastoreo, llevado a cabo en la primavera (figura No. 11), aunque el modelo lineal no fue significativo estadísticamente ($p > 0,05$), se obtuvo una respuesta de 4,4 kg de MS/kg de N, explicando el agregado de N solamente el 18% de la respuesta en kg de MS. Este resultado es inferior a los determinados por Marino y Agnusdei (2007), de entre 14 y 27 kg de MS/kg de N, Sardiña et al. (2009) de 18 kg MS/Kg N, Formoso (2010), de 19 kg de MS/kg de N y Méndez et al. (2016) de 16 kg MS/kg de N.

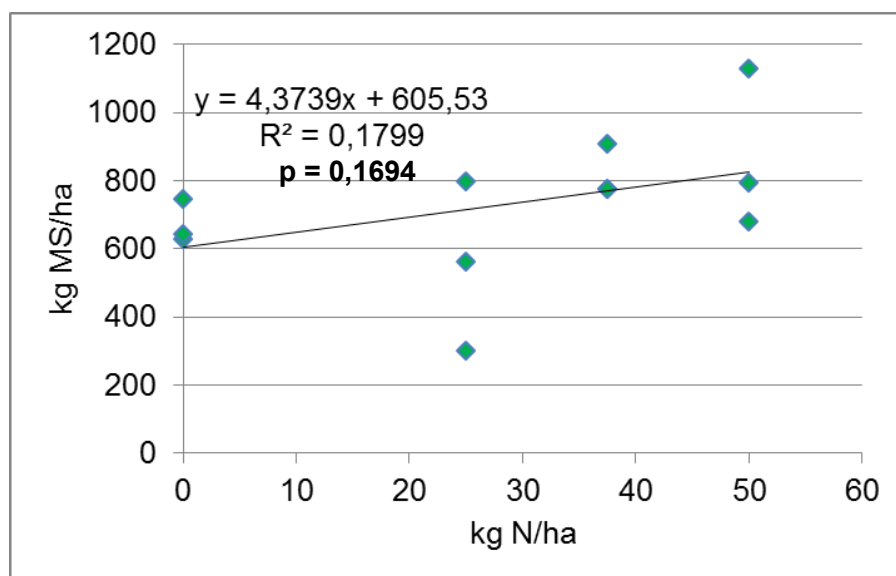


Figura No. 11. Respuesta (kg MS/ha) al agregado de nitrógeno para el segundo pastoreo

Al tratarse del principio de la primavera, era de esperar una mayor respuesta al N, dada por las condiciones ambientales más favorables, entre ellas la mayor radiación y temperatura. En la mayoría de las especies C3 la respuesta de la TAF a la temperatura es lineal (Lemaire y Agnusdei, 2000), mientras que la relación de la TEF con la temperatura es generalmente exponencial. A su vez, en esta estación, el desarrollo reproductivo potencia el crecimiento aéreo (Parsons, 1988), lo que significa altas tasas de crecimiento y alta demanda de agua y nutrientes (Marino et al., 2017). Sin embargo, en los meses de primavera, la falta de precipitaciones se hizo presente, y como se mostró en el cuadro No. 1, se produjo un balance hídrico negativo ya desde el invierno (julio y agosto) y en los meses propios de la primavera, lo que derivó en que no haya agua disponible en el suelo en los meses de agosto, setiembre y octubre. Esto explicaría la baja relación (18%) entre el agregado de nitrógeno y la respuesta en producción de materia seca.

En este sentido, Rebuffo (1994), indica que la falta de agua tiene estrecha relación con las tasas de crecimiento y la respuesta potencial al nitrógeno. Desde el punto de vista morfo-fisiológico y estructural, la escasez de agua produce una reducción en la tasa de elongación foliar, que determina un menor tamaño de las hojas, además ocurre una reducción en la tasa de macollaje y una disminución en el número de hojas vivas por macollo. Paralelamente, se incrementan los procesos de senescencia de hojas y macollos (Turner y Begg, 1978). Por otro lado, inversamente a lo que ocurre con el crecimiento de la parte aérea, el crecimiento radical generalmente se incrementa, determinando un aumento de la relación raíz-parte aérea (Santiñaque, 1996). Por lo dicho anteriormente, se produce un fuerte impacto negativo sobre el desarrollo del IAF, y, por consiguiente, se obtiene una menor cantidad de energía lumínica interceptada (Jones, 1988), lo que explica la importante reducción de la tasa de crecimiento de la pastura y puede estar limitando la respuesta al N.

Otro aspecto a remarcar, es lo indicado por Jones (1988), en cuanto a que además del efecto directo que genera la falta de agua sobre el IAF, también hay que considerar que los estratos superiores del suelo, en donde se encuentra la mayor concentración de nutrientes, son los primeros en secarse, imposibilitando la absorción de los mismos por parte de las plantas, por lo que las reducciones en las tasas de crecimiento pueden ser explicadas también por deficiencias en la nutrición mineral.

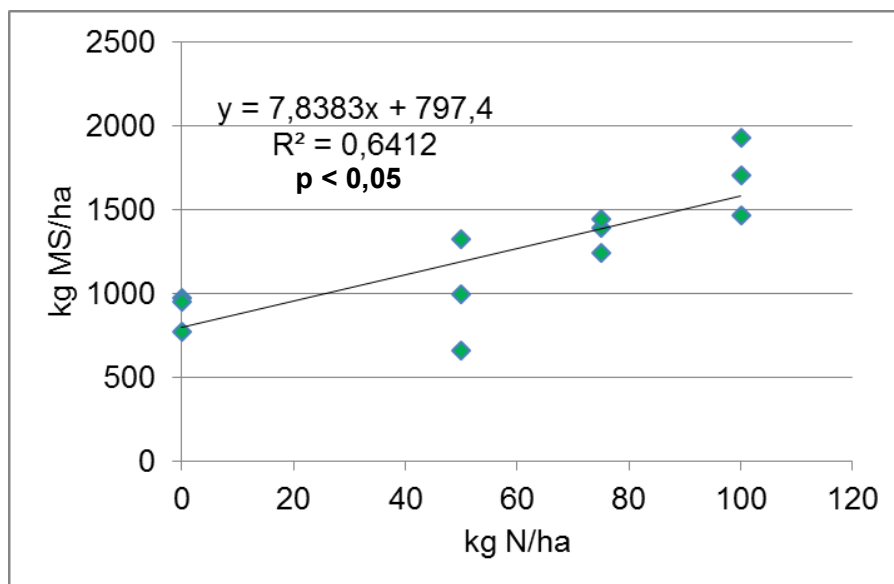


Figura No. 12. Respuesta (kg MS/ha) al agregado de nitrógeno para todo el período evaluado

Por último, en la figura No. 12, se consideran los datos de producción para todo el período experimental, al aplicar el modelo de regresión lineal, se puede ver que ajusta significativamente y se concluye que existe respuesta lineal al agregado de N. En cuanto a la magnitud de la misma, se encuentra en 7,8 kg de MS/ kg de N. Estos bajos resultados, en comparación a los obtenidos por Marino y Agnusdei (2005), Formoso (2010), que obtuvieron respuestas en el período invierno primaveral de entre 15 y 30 kg MS/kg de N aplicado, se explican en mayor medida, por la baja respuesta encontrada en primavera y principalmente por la situación hídrica ya mencionada. Otro factor influyente, también puede ser la edad de la pastura, que como se dijo, se encontraba en su cuarto año, además de las implicancias que esto puede tener sobre la composición botánica. En este sentido, se podría esperar una pérdida de las especies productivas, de valor forrajero, como lo es *Festuca arundinacea*, y una sustitución de las mismas por malezas poco productivas, de ciclo estival, como *Sporobolus indicus* y *Setaria sp.*, entre otras, además se encuentra forraje seco y en descomposición (Carámbula, 2010), lo que también puede explicar las bajas tasas de crecimiento y bajas respuestas encontradas al agregado de N, ya que el nivel de enmalezamiento que presenta una pastura, está inversamente relacionado al potencial de respuesta al agregado de N (Carámbula, 2004).

Sin embargo, como se verá en el análisis de composición botánica, la proporción de festuca y raigrás se encontraba en torno al 60 % en la mayoría de los tratamientos, por lo que, aunque la respuesta puede estar limitada por este factor, sin lugar a dudas la principal explicación fueron las condiciones meteorológicas.

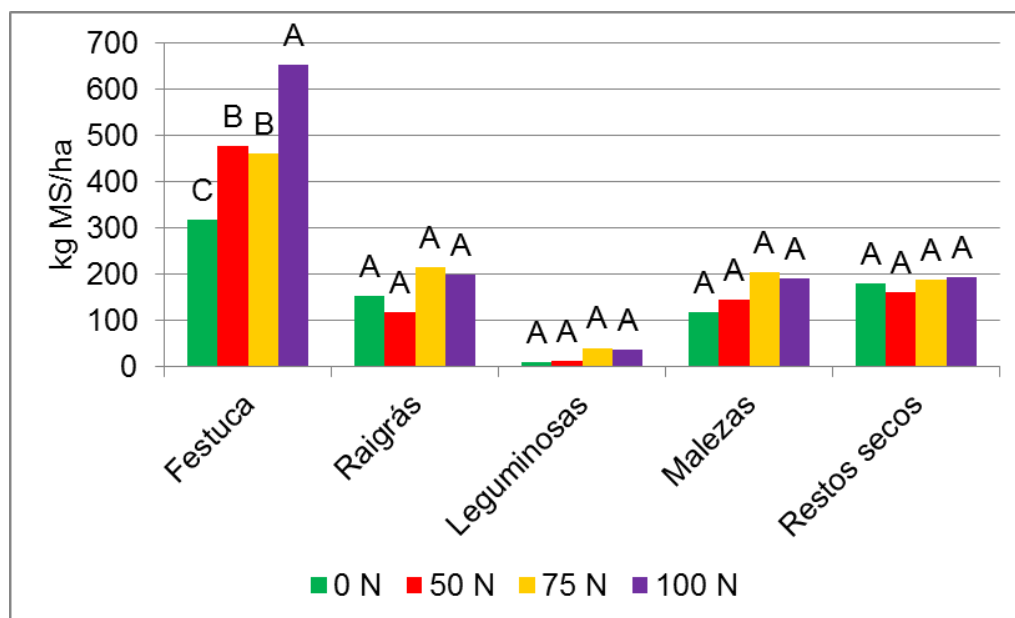
4.2.7 Composición botánica

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la composición botánica. En el cuadro No. 5 se muestra el porcentaje de contribución de cada componente para el forraje disponible, mientras que en la figura No. 13, se detallan las cantidades de forraje (kg MS/ha) correspondientes a los mismos.

Cuadro No. 6. Composición botánica promedio del disponible para todos los tratamientos

Tratamiento	Festuca	Raigrás	Leguminosas	Malezas	Restos secos
100	51 A	15 A	3 AB	15 A	16 A
75	42 B	18 A	4 A	18 A	18 A
50	52 A	15 A	1 C	15 A	17 A
0	41 B	19 A	1 BC	16 A	23 A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Figura No. 13. Contribución (kg MS/ha) por componente del forraje disponible

Se puede notar, para el caso de los porcentajes de contribución, como así también para las cantidades de forraje disponible, que, tanto el raigrás, como las malezas y los restos secos, no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Carámbula (2010), destaca la alta productividad del raigrás en suelos fértiles, por este motivo, se podría haber esperado una mayor proporción de raigrás en los tratamientos con nitrógeno agregado.

En cuanto a la festuca, los resultados muestran una mayor proporción de este componente en los tratamientos 100N y 50N, y también se evidencia

una mayor cantidad de biomasa de esta gramínea en la medida que se elevan las dosis de N, siendo el tratamiento 100N superior a los demás estadísticamente. En el caso de los tratamientos 50N y 75N se puede afirmar que fueron superiores al testigo. Según Ayala et al. (2010), la festuca es una especie que responde muy bien al agregado de nitrógeno, por lo que es de esperarse una mayor contribución de la misma en las parcelas con mayor agregado de nutriente, como ocurrió en este experimento. Similares resultados fueron encontrados por García (2003), quien reporta un aumento en la proporción de festuca luego de realizar aplicaciones de urea en praderas durante cuatro años de evaluación.

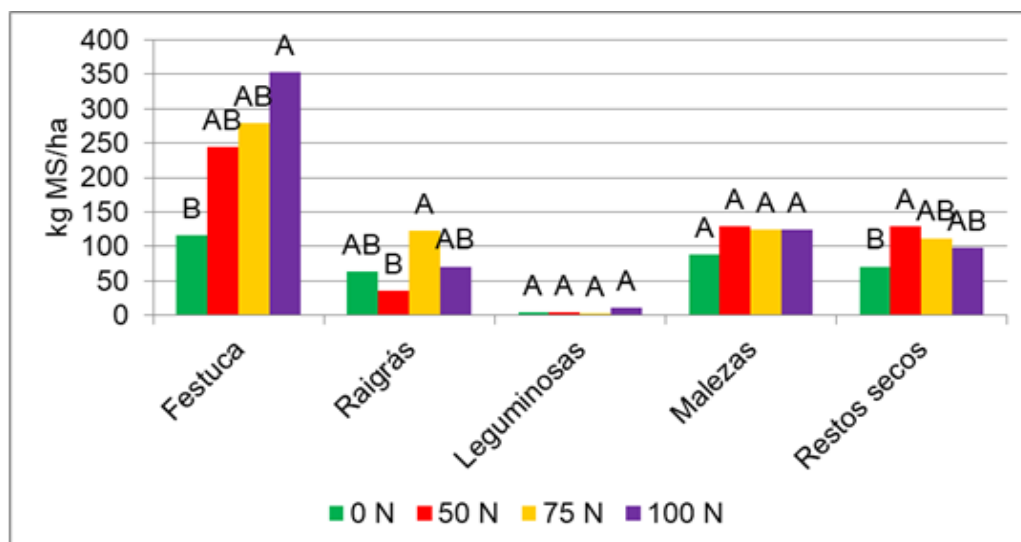
Haciendo referencia a las leguminosas, los valores no llegan al 5 %. Estos bajos porcentajes de contribución, son menores a los reportados por Nin Algorta et al. (2014), López (2017) de entre 15 y 20 %, lo que puede estar explicado por las escasas precipitaciones ocurridas y también porque uno de los componentes de la fracción leguminosa era *Trifolium pratense*, que se considera una especie bianual, debido a su susceptibilidad a enfermedades de raíz y corona y también por causa de que su resiembra natural es muy poco confiable (Carámbula, 2010). La principal leguminosa presente en la pradera era *Lotus corniculatus*, aunque obviamente, como lo evidencian los bajos porcentajes de leguminosas, se encontraba en escasa proporción. En general, según lo señalado por Formoso (2010), es esperable que, por ser una pradera de cuarto año, los porcentajes pertenecientes a la fracción leguminosa sean muy bajos.

En lo que tiene que ver con la composición botánica del forraje remanente, en el cuadro y la figura siguiente se muestran las proporciones y la cantidad de forraje correspondiente a cada componente para cada tratamiento:

Cuadro No. 7. Composición botánica promedio del remanente para todos los tratamientos

Tratamiento	Festuca	Raigrás	Leguminosas	Malezas	Restos secos
100	52 A	10 A	2 A	20 A	16 C
75	44 A	17 A	1 A	20 A	18 BC
50	44 A	6 A	1 A	23 A	26 A
0	35 A	16 A	1 A	25 A	23 AB

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Figura No. 14. Contribución (kg MS/ha) por componente del forraje remanente

Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje del componente festuca (cuadro No. 6), en la figura No. 14, se puede ver una mayor cantidad de materia seca correspondiente a la misma, con aumentos en la dosis de N. En este sentido, el tratamiento 100N fue superior estadísticamente al testigo, mientras que los tratamientos 75N y 50N no se diferenciaron del mismo.

En cuanto a los restos secos, los resultados indican una menor proporción de los mismos en los tratamientos de mayor cantidad de nitrógeno (75 N y 100 N), mientras que, en cuanto a cantidad de biomasa, no se encontraron diferencias estadísticas, a excepción del tratamiento 50N vs. 0N. Una posible causa del mayor porcentaje de restos secos en los tratamientos con menor cantidad de N, puede ser adjudicada a que, en condiciones de N limitante, el mismo es redistribuido hacia las hojas más nuevas, lo que determina la senescencia de los órganos más viejos, con el consecuente aumento de los restos secos (Thomas y Stoddart, citados por Colabelli et al., 1998). También se adjudican los restos secos a algunas malezas estivales, como *Setaria sp.* y *Sporobolus indicus*, entre otras.

Para los restantes componentes (raigrás, leguminosas y malezas) no se encontraron diferencias estadísticas en cuanto a porcentaje de contribución, mientras que, en cuanto a biomasa, los resultados fueron muy variables.

Comparando la composición botánica del disponible con la del remanente (cuadro No. 5 vs. cuadro No. 6) se puede notar que, a excepción del tratamiento con 75 kg/ha de N agregado, la suma de las proporciones de festuca y raigrás son menores en el forraje remanente, mientras que la proporción de malezas y restos secos tiende a ser mayor. Algo similar se puede observar si se hace el mismo análisis en cuanto a cantidad de forraje (figura No. 13 vs. figura No. 14), donde se ve que las mayores diferencias en cuanto a kg/ha de MS entre el disponible y el remanente corresponden a los componentes festuca y raigrás, mientras que las malezas y los restos secos no tienen tanta variación. Esto deja en evidencia la selección que realiza el ganado por especies de mayor valor nutritivo, como lo son la festuca y el raigrás. Este mayor consumo sobre las fracciones festuca y raigrás, determina una menor área foliar remanente de las mismas, lo que también puede ser un factor que contribuya a limitar la respuesta al N según lo analizado anteriormente.

Esto tiene relación con lo señalado por Stuth, citado por Carámbula (2010), quien menciona que las especies consumidas en mayor proporción se definen como preferidas para los animales, tratándose las mismas de especies más palatables y de mayor valor nutritivo, como lo son la festuca, el raigrás y las leguminosas (aunque estas últimas casi no aparecían en la pastura), por otra parte menciona la existencia de especies que no aparecen, o aparecen en baja proporción en la dieta de los animales, como pueden ser las malezas y los restos secos, las cuales tienen atributos nutricionales indeseados. Dichas especies, además tienen efectos adversos sobre la pastura ya que ocupan espacios libres a medida que avanzan los años y terminan reduciendo la producción.

En el siguiente cuadro se presenta la incidencia del suelo descubierto en los diferentes tratamientos, para el disponible y el remanente:

Cuadro No. 8. Contribución del suelo descubierto para disponible y remanente

TRATAMIENTO	Suelo des. disponible	Suelo des. remanente
0	10 A	17 A
50	6 A	11 A
75	9 A	9 A
100	7 A	9 A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Del cuadro se desprende que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero si se observa un aumento numérico del suelo descubierto a bajas dosis de nitrógeno. También se ve que las diferencias entre remanente y disponible son mayores cuando decrecen las dosis aplicadas.

La no existencia de diferencias entre tratamientos, podría ser causa de la edad de la pastura y el déficit hídrico sufrido durante el período de evaluación, lo que estaría afectando por igual a todos los tratamientos. Además, se puede explicar por la gran variabilidad de los datos, donde algunas mediciones arrojaron porcentajes muy altos de suelo descubierto y otras muy bajos. Por otra parte, el aumento numérico de suelo desnudo, respondería a que cuando los niveles de nitrógeno son bajos, la producción de la pastura se resiente, disminuyendo por ende su cobertura vegetal. En estos casos, luego de remover forraje por el pastoreo, se ven incrementados los espacios de suelo descubierto, lo que es más evidente en los tratamientos con ofertas de forraje menores y valores de forraje remanente inferiores.

En el trabajo realizado por Núñez et al. (2021), tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, aunque si se comparan los porcentajes, que van desde 5 a 7% en el disponible y de 6 a 13% en el remanente, se puede ver que se obtuvieron valores superiores, lo que puede estar explicado por la menor oferta de forraje y una mayor pérdida de plantas por la edad de la pradera. Si se comparan los valores con los obtenidos por Aldeta et al. (2017) para festuca Tacuabé de 2 % y 8 % para disponible y remanente respectivamente, las diferencias son aún más notorias, lo que tiene sentido, ya que en dicho trabajo la pradera en estudio se encontraba en su segundo año.

4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL

En los siguientes puntos se muestran los resultados productivos relacionados con la producción animal, tanto en lo que tiene que ver con las ganancias de peso por animal (kg/día), como así también con las producciones de peso vivo por unidad de superficie (kg/ha), correspondientes a los distintos tratamientos con los que se trabajó.

En el siguiente cuadro se detallan los pesos de los animales utilizados en el experimento, tanto en términos de peso vivo (PV) inicial, final y promedio, acompañado de las cargas expresadas en número de animales/ha y unidades ganaderas/ha, además de la oferta de forraje (OF) correspondiente a cada tratamiento:

Cuadro No. 9. Peso inicial, final y promedio acompañados de la dotación y oferta de forraje para cada tratamiento

Tratamiento (kg/ha de N)	PV inicial (kg)	PV final (kg)	PV promedio (kg)	Número de animales/ha	UG/ha	OF (%PV)
0	170	210	190	2,5	1,2	4,1
50	162	216	189	3,3	1,6	3,6
75	161	223	192	3,3	1,6	4,4
100	130	208	169	3,3	1,5	5,8

Se puede apreciar que en los tratamientos que presentan agregado de nitrógeno se trabajó con una mayor dotación, suponiendo de antemano un aumento en la disponibilidad de forraje, este ajuste, permite que las ofertas de forraje no sean demasiado variables entre tratamientos. A pesar de esto se da un incremento en dicha oferta a medida que las dosis de nitrógeno se elevan, especialmente en el tratamiento con 100 kg de N/ha. Cabe destacar que, entre los tratamientos fertilizados, las dotaciones resultantes son muy similares. También se evidencia que el tratamiento testigo logra mayor oferta que el tratamiento con 50 kg/ha de N, siendo esto consecuencia del menor número de animales asignados al primero.

Las dotaciones son algo menores a las utilizadas por Núñez et al. (2021) para el año anterior en el mismo ensayo, estas se ubicaron entre 2,3 y 3,4 UG/ha. Cabe destacar que altas cargas podrían repercutir sobre el estado y composición de la pradera, ya sea por efecto del pisoteo, el cual genera pérdidas de plantas y compactación, o bien por efecto del sobrepastoreo, que afectaría la composición de las pasturas, desfavoreciendo a las especies consumidas más frecuentemente. Estos efectos podrían ser importantes en el experimento evaluado, ya que la pradera se encontraba cursando su cuarto año de edad.

En el siguiente cuadro se muestran las ganancias medias diarias (kg/animal/día) y la producción de peso vivo (kg/ha) en función de la oferta de forraje (kg MS/100 kg de PV/día) lograda para cada tratamiento:

Cuadro No. 10. Producción de peso vivo y ganancia media diaria con su correspondiente oferta de forraje

Tratamiento (kg/ha de N)	OF (%PV)	Ganancia diaria (kg/animal/día)	Producción de PV (kg/ha)
0	4,1	0,42 A	100
50	3,6	0,59 B	182
75	4,4	0,67 C	207
100	5,8	0,87 D	259

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Puede notarse que las ganancias medias son estadísticamente diferentes en los cuatro tratamientos evaluados, encontrándose un aumento gradual de las mismas a medida que aumenta la dosis de nitrógeno aplicada. Debido a que no se probaron dosis mayores a 100 kg de N/ha y a que dicho tratamiento fue el que tuvo la mayor ganancia diaria, no se descarta la posibilidad de que la dosis óptima se encuentre por encima de dicho valor.

En cuanto a la producción de peso vivo por ha, si bien no fue posible realizar un análisis estadístico por no contar con las repeticiones necesarias, se aprecia una clara tendencia agronómica creciente a medida que se implementan dosis mayores de nitrógeno, al igual que ocurre con la ganancia individual.

Teniendo en cuenta lo señalado por Zanoniani y Lattanzi (2017), quienes indican que para optimizar la producción de carne/ha, las pasturas se deben manejar con una oferta de forraje en torno al 6% PV, se puede ver que el tratamiento con 100 kg/ha de N se acerca mucho a este valor, lo que deriva en una mayor producción de carne respecto a los demás tratamientos.

También Zanoniani (2014) indica que, utilizando ofertas de forraje en el período invierno-primaveral similares a las mencionadas en el párrafo anterior, es posible obtener un adecuado desempeño animal y altas producciones por unidad de superficie, ubicándose la primera en torno a los 1,5 kg/animal/día para novillos Holando. Las menores ofertas resultantes del experimento, principalmente en el tratamiento testigo y los de menor dosis de nitrógeno, además de la categoría animal utilizada, podrían estar impidiendo alcanzar las ganancias por animal citadas. Cabe reiterar el efecto preponderante del déficit hídrico sufrido en el período sobre la producción y cantidad de forraje disponible y la consecuente producción de carne.

Un aspecto que llama la atención a simple vista, es la menor ganancia individual obtenida en el tratamiento testigo respecto al de 50 kg/ha de N, a pesar de que en el primero la oferta de forraje para los animales estuvo por encima del tratamiento fertilizado con 50 unidades de nitrógeno. Dicha diferencia en ganancias, puede estar atribuida a una mayor calidad del forraje al aplicar el nutriente, ya sea por aumentos en la digestibilidad de la MO ingerida, como menciona Formoso (2010), o por un mayor contenido de proteína (Balocchi et al., 2011), la cual provee de valor nutritivo a la pastura, pero también puede afectar negativamente el consumo si esta es escasa, coincidiendo con lo expresado por Minson y Milford, citados por Carámbula (2010). Continuando con el análisis, se puede decir que, en los restantes tratamientos, existe un efecto conjunto de la disponibilidad y calidad del forraje, ya que, agregando más nitrógeno a similar carga animal de los tratamientos fertilizados, se obtienen aumentos en la oferta de forraje y también en la performance animal.

Como ya se mencionó, además de la cantidad de forraje disponible, el menor desempeño evidenciado en el tratamiento testigo y los de baja dosis de nitrógeno, puede estar afectado por una menor calidad del forraje consumido, cabe destacar la menor participación del componente *Festuca arundinacea* (en kg MS/ha) en el tratamiento testigo, dicho componente, junto a *Lolium multiflorum* son las principales especies de valor forrajero presentes en la pastura y su menor aporte determinaría disminuciones en la calidad del forraje disponible.

Simeone y Beretta (2008), reportaron ganancias en pasturas sembradas para los meses de invierno que se ubican en torno a los 0,450 kg/ha/día con ofertas de forraje del 5% aproximadamente. Mientras que en primavera las ganancias encontradas oscilan entre los 0,850 kg/ha/día y los 1,150 kg/ha/día, resultando estas de ofertas de forraje de 2 y 6% respectivamente. Las ganancias obtenidas en este experimento se encuentran situadas por encima de las encontradas por estos autores en invierno, pero por debajo de las mencionadas en primavera para similares ofertas de forraje, siendo esto razonable, ya que, las ganancias calculadas abarcan un período que comprende desde julio a octubre.

Si se tiene en consideración que los dos principales componentes de la producción de carne, son la carga y la producción individual (Simeone, 2013) y teniendo en cuenta que las cargas (UG/ha) son muy similares entre los tratamientos, como se observó en el cuadro No. 8, las mayores ganancias individuales obtenidas por los aumentos en las ofertas de forraje, son el principal factor que modifica la producción de PV/ha, es por eso que al

aumentar la oferta se producen aumentos en la producción de carne. Mott (1960), sostiene que cuando la carga es baja, la producción por animal es alta, y a su vez plantea que, a partir de una cierta carga animal, las ganancias individuales prácticamente no aumentan, pero la producción por hectárea se reduce de forma importante. La producción de PV/ha fue menor en los tratamientos con menor cantidad de N, debido a que las cargas fueron iguales o menores al tratamiento 100N, por lo que las menores ganancias individuales no lograron ser compensadas con mayor cantidad de animales por hectárea.

Como se observó en el punto 4.2.1., la disponibilidad y altura de forraje presentan similares tendencias. Dichos componentes son claves para lograr un buen consumo animal (Montossi et al., 1996), indicando una clara asociación entre el desempeño de los terneros y los componentes previamente mencionados. La disminución de la cantidad y altura de materia seca ofrecida tienen efecto significativo sobre los componentes numéricos del consumo, generando un aumento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocados por minuto, intentando compensar los menores pesos de bocado resultantes, con el objetivo de no reducir el consumo. En ocasiones, si las disminuciones en la disponibilidad de forraje son muy importantes, esta compensación no es suficiente y la ingesta sufre depresiones, con el consecuente efecto negativo sobre el desempeño animal, sumado a la disminución del consumo, la mayor actividad de pastoreo significa aumentos en los requerimientos de mantenimiento, relegando la ganancia de peso. Estos efectos también podrían estar actuando sobre el conjunto de animales que expresan peores resultados productivos del experimento.

A continuación, se presenta un cuadro en el cual se resume la eficiencia de producción (kg de materia seca producida para producir 1 kg de carne) acompañadas de los componentes utilizados para su cálculo:

Cuadro No. 11. Eficiencia de producción para los distintos tratamientos

Tratamiento	Producción de peso vivo (kg/ha)	Forraje producido (kg MS/ha)	Eficiencia de producción
0N	100	901	9
50N	182	994	5
75N	207	1360	7
100N	259	1698	7

Las mayores eficiencias en los tratamientos fertilizados pueden ser debidas a que en estos, la oferta de forraje por animal es mayor, permitiéndole mayor consumo y a la vez acceder a una dieta de mejor calidad. Posibilitando

una mayor ingesta, también se diluyen los costos de mantenimiento, lo que genera un aumento en dicha eficiencia.

Se podría decir que las eficiencias encontradas son bastante elevadas comparada con la de otros autores, siendo consecuencia entre otras cosas de trabajar con animales relativamente jóvenes, los cuales expresan mayores ganancias por kg de MS consumido que los animales de mayor edad y peso, ya sea por el tipo de tejido que depositan o sus menores costos de mantenimiento. Esto concuerda con lo expresado por Veneciano y Frasinelli (2014), quienes reportan menores aumentos de peso en animales de mayor edad comparado con otros más jóvenes, explicado principalmente por depositar los primeros una alta proporción de tejido graso (mayor costo energético que la proteína), en este punto la eficiencia de conversión cae en forma importante, concluyendo que la cantidad de forraje consumida por categorías de edad más avanzada permitiría obtener mayores ganancias de peso si se destina a animales más jóvenes.

A modo de ejemplo, Fariña y Saravia (2010) encontraron eficiencias de producción de 9,8 y 7,6 kg de de materia seca producida para producir 1 kg de peso vivo, en mezclas de *Lolium perenne*, *Agropyron elongatum* mas *Trifolium repens* y *Festuca arundinacea*, *Agropyron elongatum* y *Trifolium repens*, respectivamente. Cabe destacar que si bien utilizaron novillos de mayor tamaño (436 kg promedio) lograron similares eficiencias a las obtenidas en este experimento, lo que puede ser causa de someter a los animales a una pastura de primer año donde se puede encontrar mayor disponibilidad y calidad del forraje ofrecido.

También Cabrera et al. (2013), trabajando con novillos de 460 kg en una mezcla de *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*, en el período estivo otoñal, con ofertas de forraje de 2,8 y 5,8 % PV, encontraron eficiencias de producción de 16 y 30 kg MS por kg de peso vivo producido respectivamente. Dichas eficiencias son más bajas que las encontradas en el presente experimento, pudiéndose explicar por el ya mencionado mayor tamaño de los novillos y/o por la menor calidad de la pastura en el período estivo-otoñal comparada con el período invierno-primaveral.

4.4 CONSIDERACIONES FINALES

La fertilización nitrogenada de la pastura, tuvo efectos importantes, tanto en las variables asociadas a la producción vegetal como animal.

Para el caso de la producción vegetal, en el invierno se obtuvieron mayores tasas de crecimiento en la medida que se incrementó la dosis de N agregado. Mientras que, en la primavera, si bien las tasas de crecimiento fueron superiores a las del invierno, no se encontraron diferencias asociadas a las distintas dosis de N aplicadas, lo que puede ser atribuido a las escasas precipitaciones registradas en esta estación.

De todos modos, si se tiene en cuenta todo el período experimental, mayores dosis de nitrógeno, significaron mayores tasas de crecimiento de la pastura, lo que derivó en mayores producciones de forraje.

En cuanto a la respuesta al agregado de N la misma fue lineal, con una magnitud de de 7,8 kg MS/kg de N agregado para todo el período.

Respecto a la composición botánica, mayores dosis de N, significaron una mayor acumulación del componente *Festuca arundinacea*, mientras que no hubo un efecto marcado en cuanto a la participación de *Lolium multiflorum*, como tampoco en las leguminosas, que se encontraron en muy escasa proporción, por la avanzada edad de la pastura.

En lo que tiene que ver con la producción animal, el agregado de N permitió trabajar con un mayor número de animales en los tratamientos fertilizados, lo que fue posible por una mayor producción de forraje.

Por otro lado, se registraron mayores ganancias diarias individuales de peso vivo, en los tratamientos con mayor cantidad de N, lo que se puede asociar con las mayores ofertas de forraje logradas (%PV) principalmente en el tratamiento 100N y mayores disponibles, como así también, puede haber un efecto de mayor calidad del forraje, en términos de digestibilidad y proteína.

No se descarta la posibilidad de que la dosis óptima de N se encuentre por encima de 100 kg de N/ha, ya que dicho tratamiento fue el que tuvo la mayor ganancia diaria, y a que no se probaron dosis mayores de N.

Como consecuencia de las mayores ganancias diarias y la similar carga entre tratamientos, la producción de PV/ha también fue superior en la medida que se utilizaron mayores dosis de N.

En este sentido, dada la respuesta al N encontrada y las altas eficiencias de conversión, la utilización de nitrógeno en este tipo de pasturas, parecería ser una alternativa recomendable, ya que permite trabajar con mayores cargas, obteniendo a su vez mayores ganancias individuales. De todos modos, su implementación debe ser evaluada dependiendo de las posibilidades de cada sistema de producción, teniendo en cuenta las relaciones de precios del fertilizante y el valor de lo producido.

5. CONCLUSIONES

El agregado de N, produjo un aumento de la producción de forraje, obteniendo una respuesta de 7,8 kg de MS/ kg de N.

La contribución de *Festuca arundinacea* fue mayor, en la medida que las dosis de N fueron mayores.

La mayor producción de forraje en los tratamientos con más N agregado, permitió obtener mayores ganancias individuales y también provocó un aumento en la producción de PV por hectárea.

6. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental "Mario A. Cassinoni"), ubicada en Ruta 3 km 363,500, departamento de Paysandú, Uruguay (32 ° 22'S - 58 ° 03'W) en el período que comprende los meses de junio a octubre del año 2020. Se buscó evaluar la producción de forraje, composición botánica y producción animal sobre una pastura mezcla compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*, la cual fue sometida a cuatro diferentes dosis de nitrógeno, dichas dosis constaron de 0, 50, 75 y 100 kgN/ha, las cuales corresponden a los tratamientos estudiados. El diseño experimental empleado fue en bloques completos al azar, en un área de 9,6 ha, utilizando tres bloques, los cuales se dividieron en 4 parcelas, totalizando 12 parcelas o unidades experimentales. Cada parcela fue pastoreada con terneros Hereford y Aberdeen Angus, con un peso promedio de 185 kg, el número de animales por parcela fue de 6 para el tratamiento testigo y 8 para los fertilizados, practicándose pastoreo rotativo con una intensidad aproximada de 5 cm. El período de estudio se caracterizó por poseer escasas precipitaciones ya que solo en el mes de junio estas superaron la media histórica, para el resto de los meses, se ubicaron por debajo de dicha media, siendo bastante acentuadas las diferencias en los meses de julio, agosto y octubre. Las temperaturas registradas para el período evaluado no se alejaron demasiado de la media histórica, exceptuando los meses de julio y agosto, los cuales presentaron variaciones en torno a los 1,5°C por debajo y por encima de la media respectivamente. En cuanto a los resultados obtenidos para las variables forraje disponible, forraje remanente, desaparecido, tasa de crecimiento promedio y producción de forraje, se encontró que los tratamientos que recibieron dosis más altas de nitrógeno, se destacan estadísticamente con respecto a los demás, por otra parte, el porcentaje de cosecha no expresó diferencias significativas entre tratamientos. Además, se encontró una respuesta lineal en la producción de materia seca con el agregado de nitrógeno, la cual tuvo un valor promedio de 7,8 kg MS/kg N. Para el caso de la composición botánica, solo la festuca mostró aumentos importantes en su contribución en la medida que se incrementó la dosis del nutriente, los restantes componentes no expresaron diferencias importantes. Respecto a la ganancia media diaria, la misma, presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, siendo mayor en la medida que se incrementó la dosis de N, además la producción de carne por hectárea también tuvo una tendencia creciente con el agregado de N.

Palabras clave: Pastura; Nitrógeno; Pastoreo; Producción de forraje; Producción animal.

7. SUMMARY

The present work was carried out at the UdelaR. Faculty of Agronomy. EEMAC (Experimental Station "Dr. Mario A. Cassinoni") located in Paysandú, Uruguay, during the period between June and October 2020. The aims of this research were to evaluate the forage production, botanical composition and animal production of a forage mixture composed by *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense* and *Lotus corniculatus*, in their fourth year, subjected to nitrogen fertilization. The tested treatments consisted of different doses of nitrogen, which were: 0, 50, 75 and 100 kgN/ha. The experimental design used was randomized complete blocks, in an area of 9.6 ha, divided in 3 blocks, each one subdivided in 4 plots, obtaining a total of 12 plots or experimental units. Each plot was grazed with Hereford and Aberdeen angus calves with an average weight of 185 kg, the number of animals per plot was 6 for the control treatment and 8 for the fertilized ones, practicing rotary grazing with an approximate intensity of 5 cm. The weather was characterized by low rainfall, in this sense, only in the month of June they exceeded the historical average, for the rest of the months, they were below the average, the most important differences were in the months of July, August and October. The temperatures of the period were not too far from the historical average, except for the months of July and August, which presented variations around 1.5 ° C below and above the average respectively. Regarding the results obtained for the available forage, remaining forage, missing forage, average growth rate and forage production, it was found that the treatments that received higher doses of nitrogen were statistically superior, on the other hand, no significant differences between treatments were observed in the percentage of utilization. In addition, a linear response was found between dry matter production and nitrogen aggregate, which had an average value of 7.8 kg DM / kg N. In the case of the botanical composition, only the fescue was found in important proportions with high doses of the nutrient, the remaining components did not express important differences. The average daily gain presented statistical differences between treatments. It was higher as the dose of nitrogen increased; in addition, the production of meat per hectare also had an increasing trend with the addition of N.

Keywords: Pasture; Nitrogen; Grazing; Forage Production; Animal production.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M. G.; Di Marco, O. N. 2010. Ganadería en suelos bajos. El potencial productivo de las pasturas perennes en la región templado-húmeda bonaerense. Revista Hereford (Buenos Aires). 75(652):76-82.
2. Agustoni Pais, F.; Bussi Caminiti, C.; Shimabukuro Tisnés, M. 2008. Efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 40 p.
3. Aldeta, A.; Dutra, L.; Ramos, B. 2017. Productividad invierno-primaveral de praderas mezclas de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en su segundo año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
4. Allden, W. G.; McWhittaker, I. A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep; the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. (en línea). Australian Journal of Agricultural Research. 21(5):755-766. Consultado 27 abr. 2021. Disponible en <https://www.publish.csiro.au/cp/AR9700755>
5. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
6. Arenares, G.; Quintana, C.; Ribero, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 89 p.
7. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F. 2010. Catálogo de cultivares 2010: forrajeras. Montevideo, Uruguay, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 38).
8. _____. 2012. Algunas bases ecofisiológicas para el manejo de pasturas. (en línea). In: Jornadas Internacionales de Actualización Ganadera para la Pampa Húmeda (2012, Firmat, Santa Fé,

Argentina). Desarrollo ganadero sustentable. Santa Fe, s.e. s.p.
Consultado 20 abr. 2021. Disponible en
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3455/1/Congreso-Ayala-2012-1.pdf>

9. Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª. ed. Madrid, McGraw-Hill Interamericana. 651 p.
10. Balocchi, O.; Solis, C.; Poff, J.; Keim, J.; López, C. 2011. Filocrono en una pradera de *Lolium perenne* L.: efecto de la frecuencia de defoliación y fertilización nitrogenada. Agro Sur. 39(3):165-176.
11. Bancharo, G.; Pigurina, G. 1992. Estudio de casos de intoxicación por nitratos en vacas lecheras en el departamento de Colonia. INIA. Hoja de divulgación no. 28. 4 p.
12. Barbazán, M. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Montevideo, Facultad de Agronomía. 27 p.
13. Barthram, G. T. 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: Alcock, M. M. ed. The Hill Farming Research Organisation Biennial Report 1984-1985. Edinburgh, HFRO. pp. 29-30.
14. Bavera, G. A.; Beguet, H. A. 2001. Relación suelo – planta - animal. In: Curso de Producción Bovina de Carne (2001, Río Cuarto). Textos. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. s.p.
15. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
16. Birchman, J. S.; Hodgson, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. Grass and Forage Science. 38:323-331.

17. Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Farnham Royal, Berks, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. pp. 42-79 (Bulletin no. 42).

18. Cabrera Urrutia, J.; Luzardo Maucione, A.; Mackinnon Verdier, P. 2013. Efecto de la dotación animal en una mezcla forrajera del período estivo-otoñal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 73-74.

19. Campbell, A. 1966. Grazed pasture parameters. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. Journal of Agriculture Science. 67:199-210.

20. Cangiano, C. 1996. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. 145 p.

21. Cantou Mayol, A.; Echenique Fosatti, M.; Gallinal Ferrari, C.; Muñoz Berretta, M. 2009. Efecto de la asignación de forraje y frecuencia del cambio de franja sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 156 p.

22. Carámbula, M. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.

23. _____. 2010. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 400 p.

24. Carrera, M.; González, R.; González, D.; Rovira, P. 1996. Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 97 p.

25. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th, 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 95-104.

26. Chilibroste, P.; Soca, P.; Bruni, M. de los A.; Fabre, E.; Matiauda, D. 2008. Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años: aportes desde la EEMAC. Cangüé. no. 30:36-44.
27. Claramunt, M.; Rodríguez Palma, R. 2015. Modelización de una explotación ganadera extensiva. Proyecto GFCC. Montevideo, Uruguay, MGAP. 100 p.
28. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Boletín Técnico Técnico no. 148. 12 p.
29. Cosgrove, G. P. 1992. Estudio comparativo de los efectos del método de pastoreo sobre la producción animal y de las pasturas. In: Congreso Mundial sobre Producción, Utilización y Conservación de Forrajes Empleados en la alimentación de Ganadería Vacuna (3º., Buenos Aires). Trabajos presentados. Buenos Aires, s.e. pp. 305-329.
30. Cruz, P. A.; Sinoquet, H. 1994. Competition for light and nitrogen during a regrowth cycle in a tropical forage mixture. Field Crops Research. 36(1):21-30.
31. Davies, A. 1971. Changes in growth rate and morphology of perennial ryegrass swards at high and low nitrogen levels. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 77:123-134.
32. Del Pozo, P. 2004. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 9 p. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/30-bases_ecofisiologicas_manejo_pasturas_tropicales.pdf
33. Deregibus, V. A. 2007. Bases para la utilización de sistemas pastoriles. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Centro de Impresiones CIFA. 23 p.
34. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-64.

35. Fariña Chiappara, M.; Saravia Olazabal, R. 2010. Evolución de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 73-74.
36. Fisher, G. E. J.; Mayne, C. S.; Wright, I. A. 2000. Grassland management under grazing and animal response. In: Hopkins, A. ed. Grass: its production and utilization. Oxford, Blackwell. pp. 247-291.
37. Formoso, F. A. 1993. *Lotus corniculatus* L. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
38. _____. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
39. _____. 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
40. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
41. Gales, K. 1979. Effects of water supply on partitioning of dry matter between roots and shoots in *Lolium perenne*. Journal Application Ecology. 16:863-877.
42. Gao, Y.; Wilman, D. 1994. Leaf development in eight related grasses. Journal of Agricultural Science. 123:41-46.
43. García, F. O.; Ruffo, M. L.; Daverede, I. C. 1999. Fertilización de pasturas y verdeos. (en línea). Informaciones Agronómicas del Cono Sur. no. 1:366-379. Consultado 12 set. 2020. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf

44. García, J. A. 1995. Gramilla y praderas. Montevideo, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 67).
45. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 133).
46. Gastal, F.; Lemaire, G. 1988. Study of a tall fescue sward under nitrogen deficiency conditions. In: General Meeting of the European Grassland Federation (12th., 1988, Dublin). Proceedings. Dublin, Ireland, s.e. pp. 323-327.
47. _____.; _____.; Lestienne, F. 2004. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization. In: Simpósio em Ecofisiologia das Pastagens e Ecologia do Pastejo (2º., 2004, Curitiba). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
48. Gómez Miller, R. 2004. La invernada como sistema de producción de carne. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 5 may. 2021. Disponible en <http://www.inia.org.uy/prado/2004/invernada.html>
49. Hodgson, J. 1990. Grazing management: science into practice. New York, Longman. 203 p.
50. Jauregui, J. 2020. Persistencia de festuca alta (*Lolium arundinaceum* schreb.) bajo pastoreo en ambientes marginales. Tesis Dr. en Ciencias Agrarias. Mar del Plata, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias. 125 p.
51. Johns, G. G. 1974. A soil water use relationship for incorporation in model simulation of dryland herbage production. In: International Grassland Congress (12th., 1974, Moscow). Proceedings. s.n.t. cap. 2, pp. 659-666.
52. Jones, M. B. 1988. Water Relations. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. The Grass Crop: the physiological basis of production. Dublin, Irish Republic, s.e. pp. 205-241.
53. Langer, R. H. M. ed. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.

54. Leborgne, R. 1995. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. 2ª. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 53 p.
55. Lemaire, G. 1985. Cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) pendant l'hiver et le printemps. Effets des facteurs climatiques. Thèse Doctorat ès Sciences Naturelles. Caen, France. Université de Caen. s.p.
56. _____; Chapman, D. F. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J. A.; Illius, W. eds. The Ecology and management of grazing systems. Cambridge, UK, CABI. pp. 3-36.
57. _____; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, P. C. eds. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Oxford, CABI. pp. 265-287.
58. Lombardo, S. 2012. Asignación de forraje ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? Revista del Plan Agropecuario. no. 143:32-35.
59. López Cruchinski, R. 2017. Productividad invierno-primaveral de praderas mezclas con *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, y *Dactylis glomerata* con *Medicago sativa* en su cuarto año pastoreadas con novillos Holando con distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 48-51.
60. Marino, M. A.; Agnusdei, M. 2005. ¿Quiere más pastos a la salida del invierno? Fertilice con nitrógeno. (en línea). Balcarce, INTA. 2 p. Consultado 30 abr. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/29-nitrogeno.pdf
61. _____; _____. 2007. Manejo estacional del suministro de nitrógeno en pasturas de *Festuca arundinacea* Schreb (Sudeste bonaerense): crecimiento y eficiencia en el uso de recursos. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 6 p. Consultado 12 mar. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/33-Marino-Festuca_alta.pdf

62. _____. 2013. Rol de la ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 21(1):63-78.
63. _____.; Errecart, P.; Cicore, P.; Berone, G. 2017. Buenas prácticas de manejo de pasturas: ¿cuándo fertilizar con nitrógeno? Revista Fertilizar. no. 38:3-9.
64. Mazzanti, A. E.; Lemaire, G.; Gastal, F. 1994. Effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep: herbage growth dynamics. Grass and Forage Science. 49(2):111-120.
65. Méndez, D.; Barraco, M.; Berone, G. 2016. Fertilización nitrogenada de pasturas de festuca y agropiro. (en línea). Buenos Aires, INTA. pp. 67-68. Consultado 30 abr. 2021. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-nitrogenada-de-pasturas-de-festuca-y-agropiro>
66. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico agropecuario 2020. Montevideo. 268 p.
67. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre la utilización de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-106 (Serie Técnica no. 80).
68. Morón, A. 1994. Ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Seminario de Actualización Técnica (1°, 1994, La Estanzuela, Colonia, UY). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51).
69. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th, 1960, Reading). Proceedings. Oxford, Allden. pp. 606-611.
70. Mouat, M.; Walker, T. 1959. Competition for nutrients between grasses and white clover. Plant and Soil. 11(1):30-40.

71. Nin Algorta, E.; Posada Rodríguez, J.; Méndez Blanco, R. 2014. Efecto de la dotación animal sobre la producción estivo-otoñal de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de cuarto año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 59-63.
72. Nöell, S. 1998. Estabilidad productiva de las pasturas cultivadas. Cangüé. no. 12:13-18.
73. Núñez, R.; Oholeguy, L.; Toneguzzo, L. 2021. Respuesta de la fertilización nitrogenada sobre producción primaria y secundaria de pradera de *Festuca arundinacea*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 38-47.
74. Nyfeler, D.; Huguenin-Elie, O.; Suter, M.; Frossard, E.; Connolly, J.; Lüscher, A. 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology*. 46:683-691.
75. Olmos, F. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco. Montevideo, INIA. 245 p. (Serie Técnica no. 145).
76. Olson, B. E.; Richards, J. H. 1989. Crested wheatgrass growth and replacement following fertilization, thinning, and neighbor plant removal. *Journal of Range Management*. 42(2):93-97.
77. Parsons, A. J. 1988. The effects of season and management on the growth of grass swards. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. *The grass crop: the physiological basis of production*. London, Chapman and Hall. pp. 129-177.
78. Perdomo, C.; Barbazán, M. 1999. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 72 p.
79. _____; _____; Durán Monzoni, J. M. 2008. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 74 p.
80. Pineiro, J.; Harris, W. 1978. Performance of mixtures of ryegrass cultivars and prairie grass with red clover cultivars under two

grazing frequencies. Herbage production in the establishment year. New Zealand Journal of Agricultural Research. 21(1):83-92.

81. Plorutti, F. 2017. Festucosis: mal de época. Revista Ida y Vuelta Rural. 15(41):12-13.
82. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. In: Seminario de Actualización Técnica (1º., 1994, La Estanzuela, Colonia, UY). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 51).
83. Reinoso, V.; Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado: i) pastoreo rotativo y en franjas. (en línea). Montevideo, s.e. pp. 1-11. Consultado 30 abr. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/52-art_pastoreo2_completo.pdf
84. Rovira, J. 2012. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 336 p.
85. Rovira, P. 2005. Efecto de la asignación de forraje en la ganancia de peso de novillos sobreaño sobre praderas durante la primavera. In: Jornada Anual de Producción Animal (2005, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. cap. 3, pp. 23-32 (Actividades de Difusión no. 429).
86. _____.; Velazco, J. 2008. Cuantificación del estrés calórico en vacuno en pastoreo. Revista INIA. no. 16:10-13.
87. Salvagiotti, F. 2013. Nitrógeno y azufre: sinergismo entre dos nutrientes. Revista Fertilizar. no. 26:5-7.
88. Santiñaque, F. 1996. Relaciones agua-planta en pasturas. In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. pp. 125-128 (Serie Técnica no. 76).
89. Sardiña, C.; Cecconi, I.; Bandera, R. 2009. Fertilización nitrogenada y respuesta productiva de festuca (*Festuca arundinacea*) y agropiro (*Tynopirum ponticum*): informe técnico. (en línea). s.n.t. pp. 83-85. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-nitrogenada-y->

[respuesta-productiva-de-festuca-festuca-arundinacea-y-agropiro-](#)
[tynopirum-](#)
[ponticum/at_multi_download/file/MT2010_Sardinia_Fertilizacion_ni](#)
[trogenada.pdf](#)

90. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Producción de carne a pasto: asignación de forraje, respuesta animal y utilización del forraje. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^a, 2008, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 20-23.*
91. _____. 2013. Nuevas alternativas tecnológicas y cambio técnico en sistemas de invernada del litoral Oeste y cristalino centro del Uruguay (GIPROCAR II). Montevideo, INIA. 14 p. (Serie Técnica no. 205).
92. Smetham, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. *In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 209-270.*
93. Sylvia, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2012. Oferta de forraje, producción y composición de una pastura de *Lolium perenne*. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 16(1):150-159. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482012000100018
94. Turner, N. C.; Begg, J. E. 1978. Responses of pasture plants to water deficits. *In: Wilson, J. R. ed. Plant Relations in Pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 50-66.*
95. Teuber, N.; Parga, J.; Balocchi, O.; Abarzúa, A.; Anwandter, V.; Canseco, C.; Demanet, R.; Lopetegui, J. 2007. Manejo del pastoreo. (en línea). Osorno, s.e. 129 p. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/2080/Manejo%2526%2523095%253BPastoreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
96. Veneciano, J. H.; Frasinelli, C. A. 2014. Cría y recría de bovinos. (en línea). San Luis, Universidad Nacional de San Luis. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. pp. 39-43. Consultado 15

mar. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/177-TextoCriaRecria.pdf

97. Virkajarvi, P.; Sairanen, A.; Nousiainen, J.I.; Khalili, H. 2002. Effect of herbage allowance on pasture utilization, regrowth and milk yield of dairy cows in early, mid and late season. *Animal Feed Science and Technology*. 97(1):23-40.
98. Waldo, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage - concentrate interaction. *Journal of Dairy Science*. 69(2):617-631.
99. Zanoniani, R.; Nöell, S. 1997. Verdeos de invierno. UEDY. Cartilla no. 2. s.p.
100. _____.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. *Cangüé*. no. 25:5-11.
101. _____. 2014. Productividad de pasturas sembradas con novillos Holando. In: *Jornadas Uruguayas de Buiatría (42^{as}, 2014, Paysandú)*. Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. s.p.
102. _____.; Lattanzi, F. 2017. Rol de las pasturas cultivadas en sistemas de producción basados en campo natural. (en línea). In: *Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur - Grupo Campos (24^a, 2017, Tacuarembó)*. Actas. Montevideo, INIA. pp. 24-28. Consultado 17 mar. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12171/1/Lattanzi-F.-Grupo-Campo-2017-2.pdf>

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Forraje disponible (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible (kg/ha)	12	0.8	0.63	9.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	257963.7	5	51592.73	4.83	0.0407
BLOQUE	24812.17	2	12406.08	1.16	0.375
TRATAMIENTO	233151.5	3	77717.16	7.27	0.0201
Error	64150.67	6	10691.78		
Total	322114.3	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=242.68194

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
100	1274.2	3	59.7	A
75	1105.64	3	59.7	AB
0	968.06	3	59.7	B
50	913.66	3	59.7	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 2. Forraje remanente (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente (kg/ha)	12	0.71	0.48	22.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	217485.1	5	43497.03	3	0.1071
BLOQUE	99748.33	2	49874.16	3.44	0.1013
TRATAMIENTO	117736.8	3	39245.61	2.7	0.1386
Error	87107.51	6	14517.92		
Total	304592.7	11			

Test: Tukey Alfa=0.10
DMS=282.79040

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
50	672.95	3	69.57	A
100	536.22	3	69.57	A
75	506.42	3	69.57	A
0	394.95	3	69.57	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 3. Forraje desaparecido (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Desaparecido (kg/ha)	12	0.81	0.64	14.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	799135.91	5	159827.18	4.95	0.0384
BLOQUE	26785.58	2	13392.79	0.42	0.6779
TRATAMIENTO	772350.34	3	257450.11	7.98	0.0162
Error	193576.20	6	32262.70		
Total	992712.11	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=421.56

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
100	1672	3	103.7	A
75	1277	3	103.7	AB
0	1120	3	103.7	B
50	999	3	103.7	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 4. Utilización (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Utilización	12	0.75	0.54	11.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	631.73	5	126.35	3.60	0.0754
BLOQUE	267.50	2	133.75	3.81	0.0856
TRATAMIENTO	364.23	3	121.41	3.46	0.0917
Error	210.8	6	35.14		
Total	842.54	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=13.911

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	55.78	3	3.42	A
0	61.17	3	3.42	A
75	48.70	3	3.42	A
50	47.62	3	3.42	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 5. Crecimiento en altura (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento altura (cm)	12	0.8	0.64	16.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.52	5	3.7	4.89	0.0396
BLOQUE	2.36	2	1.18	1.55	0.286
TRATAMIENTO	16.16	3	5.39	7.11	0.0212
Error	4.55	6	0.76		
Total	23.07	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=2.04345

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
100	7.18	3	0.5	A
75	5.72	3	0.5	AB
0	4.75	3	0.5	B
50	4.1	3	0.5	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 6. Crecimiento (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento (kgMS/ha)	12	0.91	0.83	14.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1271242	5	254248.5	12.04	0.0044
BLOQUE	189446.7	2	94723.36	4.49	0.0643
TRATAMIENTO	1081796	3	360598.6	17.08	0.0024
Error	126671.5	6	21111.91		
Total	1397914	11			

Test: Tukey Alfa=0.10

DMS=341.01722

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	1425.17	3	83.89	A
75	1146.31	3	83.89	AB
0	905.73	3	83.89	BC
50	610.8	3	83.89	C

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 7. Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)

1. Tasa de crecimiento durante todo el período

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tasa de crecimiento	12	0.92	0.85	13.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	239.54	5	47.91	13.71	0.0031
BLOQUE	31.11	2	15.55	4.45	0.0652
TRATAMIENTO	208.43	3	69.48	19.89	0.0016
Error	20.96	6	3.49		
Total	260.49	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=4.38650

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
100	19.42	3	1.08	A
75	16.05	3	1.08	AB
0	13.32	3	1.08	B
50	8.03	3	1.08	C

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

2. Tasa de crec. durante el primer pastoreo

Variable	N	R ²	R ² _{Aj}	CV
Tasa de crecimiento	12	0.81	0.66	25.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	147.25	5	29.45	5.24	0.034
BLOQUE	33.88	2	16.94	3.01	0.1243
TRATAMIENTO	113.36	3	37.79	6.72	0.024
Error	33.75	6	5.63		
Total	181	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=5.56657

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	14.17	3	1.37	A
75	9.27	3	1.37	AB
50	7.54	3	1.37	B
0	5.98	3	1.37	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

3. Tasa de crecimiento durante el segundo pastoreo

Tasa de crecimiento (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tasa de crecimiento	12	0.9	0.82	16.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	532	5	106.4	10.73	0.0059
BLOQUE	54.51	2	27.25	2.75	0.1421
TRATAMIENTO	477.5	3	159.17	16.06	0.0028
Error	59.48	6	9.91		
Total	591.48	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=7.38959

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	24.67	3	1.82	A
75	22.82	3	1.82	A
0	20.66	3	1.82	A
50	8.52	3	1.82	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 8. Crecimiento ajustado

1. Crecimiento ajustado durante todo el período (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento ajust.	12	0.92	0.85	13.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2426070	5	485213.9	13.38	0.0033
BLOQUE	442142.8	2	221071.4	6.1	0.0359
TRATAMIENTO	1983927	3	661308.9	18.24	0.002
Error	217556.3	6	36259.38		
Total	2643626	11			

Test: Tukey Alfa=0.10

DMS=446.91269

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	1934.69	3	109.94	A
75	1558.57	3	109.94	AB
0	1259.21	3	109.94	BC
50	825.04	3	109.94	C

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

2. Crecimiento ajustado durante el primer pastoreo (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento ajust.	12	0.77	0.58	28.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	485313.8	5	97062.77	4.07	0.0584
BLOQUE	80780.87	2	40390.43	1.7	0.2608
TRATAMIENTO	404533	3	134844.3	5.66	0.0349
Error	142934	6	23822.34		
Total	628247.9	11			

Test: Tukey Alfa=0.10
DMS=362.24692

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
100	831.05	3	89.11	A
75	540.5	3	89.11	AB
50	439.18	3	89.11	B
0	340.02	3	89.11	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

3. Crecimiento ajustado durante el segundo pastoreo (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento ajust.	12	0.91	0.83	15.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1093103	5	218620.7	11.77	0.0047
BLOQUE	155259.1	2	77629.57	4.18	0.0729
TRATAMIENTO	937844.2	3	312614.7	16.84	0.0025
Error	111413.6	6	18568.93		
Total	1204517	11			

Test: Tukey Alfa=0.10
DMS=319.82027

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
100	1103.64	3	78.67	A
75	1018.08	3	78.67	A
0	919.18	3	78.67	A
50	385.86	3	78.67	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 9. Regresiones lineales de la producción de forraje en función del agregado de N

1. Regresión lineal para el primer pastoreo

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC
Crecimiento ajust.	12	0.85	0.84	12984.39	147.03

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef.	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T
Const.	191.87	49.66	81.23	302.51	3.86
TRATAMIENTO	11.3	1.48	8.02	14.59	7.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	523977.9	1	523977.9	58.69	<0.0001
TRATAMIENTO	523977.9	1	523977.9	58.69	<0.0001
Error	89280.53	10	8928.05		
Total	613258.4	11			

2. Regresión lineal para el segundo pastoreo

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC
Crecimiento ajust.	12	0.18	0.1	48660.33	163.69

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef.	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T
Const.	605.53	99.41	384.04	827.02	6.09
TRATAMIENTO	4.37	2.95	-2.21	10.95	1.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	78466.52	1	78466.52	2.19	0.1694
TRATAMIENTO	78466.52	1	78466.52	2.19	0.1694
Error	357785.1	10	35778.51		
Total	436251.6	11			

3. Regresión lineal para todo el período

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC
Crecimiento ajust.	12	0.64	0.61	77050.5	169.15

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef.	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T
Const.	797.4	124.82	519.29	1075.51	6.39
TRATAMIENTO	7.84	1.85	3.71	11.97	4.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1007980	1	1007980	17.87	0.0018
TRATAMIENTO	1007980	1	1007980	17.87	0.0018
Error	564068.4	10	56406.84		
Total	1572048	11			

Anexo No. 10. Análisis de la composición botánica del disponible

1. Porcentaje festuca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Festuca %	12	0.88	0.77	6.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	445.15	5	89.03	8.46	0.0109
BLOQUE	125.74	2	62.87	5.98	0.0373
TRATAMIENTO	319.42	3	106.47	10.12	0.0092
Error	63.12	6	10.52		
Total	508.27	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=7.61230

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
50	52.2	3	1.87	A
100	50.9	3	1.87	A
75	41.62	3	1.87	B
0	40.95	3	1.87	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

2. Porcentaje leguminosas

Variable		N	R ²	R ² Aj	CV
Leguminosa	%	12	0.84	0.71	42.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.66	5	5.53	6.31	0.0221
BLOQUE	11.76	2	5.88	6.71	0.0295
TRATAMIENTO	15.9	3	5.3	6.05	0.0303
Error	5.26	6	0.88		
Total	32.92	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=2.19707

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
75	3.57	3	0.54	A
100	3.12	3	0.54	AB
0	1.25	3	0.54	BC
50	0.9	3	0.54	C

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

3. Porcentaje raigrás

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Raigrás %	12	0.61	0.28	33.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	306.02	5	61.2	1.87	0.2344
BLOQUE	259.41	2	129.7	3.96	0.0802
TRATAMIENTO	46.61	3	15.54	0.47	0.7117
Error	196.67	6	32.78		
Total	502.68	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=13.43701

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
0	19.32	3	3.31	A
75	18.18	3	3.31	A
100	15.38	3	3.31	A
50	14.5	3	3.31	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

4. Porcentaje malezas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Malezas %	12	0.72	0.5	11.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	58.43	5	11.69	3.16	0.0967
BLOQUE	32.24	2	16.12	4.36	0.0676
TRATAMIENTO	26.19	3	8.73	2.36	0.1704
Error	22.17	6	3.69		
Total	80.6	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=4.51136

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
75	18.67	3	1.11	A
50	15.28	3	1.11	A
100	15.27	3	1.11	A
0	15.22	3	1.11	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

5. Porcentaje restos secos

Variable		N	R ²	R ² Aj	CV
Restos secos	%	12	0.64	0.33	18.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	122.66	5	24.53	2.1	0.1958
BLOQUE	20.16	2	10.08	0.86	0.4679
TRATAMIENTO	102.51	3	34.17	2.93	0.1216
Error	69.95	6	11.66		
Total	192.61	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=8.01363

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
0	23.33	3	1.97	A
75	18.3	3	1.97	A
50	17.32	3	1.97	A
100	15.43	3	1.97	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

6. Porcentaje suelo desnudo

Variable		N	R ²	R ² Aj	CV
Suelo desnudo	%	12	0.24	0	53.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	35.42	5	7.08	0.37	0.852
BLOQUE	6.39	2	3.2	0.17	0.8497
TRATAMIENTO	29.03	3	9.68	0.51	0.6918
Error	114.55	6	19.09		
Total	149.96	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=10.25480

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
0	10.17	3	2.52	A
75	9.05	3	2.52	A
100	6.9	3	2.52	A
50	6.35	3	2.52	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

7. Forraje disponible festuca (kgMS/ha)

Variable		N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible festuca	(KgMS/ha)	12	0.85	0.72	13.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	140481.6	5	28096.31	6.59	0.02
BLOQUE	36363.47	2	18181.74	4.26	0.0704
TRATAMIENTO	104118.1	3	34706.03	8.14	0.0155
Error	25580	6	4263.33		
Total	166061.6	11			

Test: Tukey Alfa=0.10
DMS=153.24531

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	651.76	3	37.7	A
50	477.18	3	37.7	B
75	460.1	3	37.7	B
0	402.11	3	37.7	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

8. Forraje disponible leguminosas (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible leguminosa	12	0.74	0.52	54.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	3389.36	5	677.87	3.39	0.0848
BLOQUE	1052.67	2	526.33	2.63	0.1513
TRATAMIENTO	2336.69	3	778.9	3.89	0.0738
Error	1200.65	6	200.11		
Total	4590.01	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=33.20060

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
75	41.35	3	8.17	A
100	38.47	3	8.17	A
50	12.76	3	8.17	A
0	11.42	3	8.17	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

9. Forraje disponible raigrás (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible raigrás	12	0.45	0	49.61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	38453.77	5	7690.75	0.96	0.5065
BLOQUE	22548.96	2	11274.48	1.41	0.3146
TRATAMIENTO	15904.8	3	5301.6	0.66	0.6042
Error	47949.7	6	7991.62		
Total	86403.47	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=209.81176

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
75	214.75	3	51.61	A
100	199.35	3	51.61	A
0	187.23	3	51.61	A
50	119.44	3	51.61	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

10. Forraje disponible malezas (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible malezas	12	0.82	0.67	11.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	10789.16	5	2157.83	5.37	0.0321
BLOQUE	2032.71	2	1016.35	2.53	0.1597
TRATAMIENTO	8756.46	3	2918.82	7.27	0.0201
Error	2410.48	6	401.75		
Total	13199.64	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=47.04235

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
75	205.21	3	11.57	A
100	191.44	3	11.57	AB
0	146.05	3	11.57	BC
50	144.34	3	11.57	C

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

11. Forraje disponible restos secos (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible restos secos	12	0.76	0.56	13.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13060.9	5	2612.18	3.81	0.0672
BLOQUE	7616.72	2	3808.36	5.55	0.0432
TRATAMIENTO	5444.18	3	1814.73	2.64	0.1435
Error	4118.66	6	686.44		
Total	17179.56	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=61.49144

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
0	221.86	3	15.13	A
100	194.41	3	15.13	A
75	188.7	3	15.13	A
50	161.89	3	15.13	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

Anexo No. 11. Análisis de la composición botánica del remanente

1. Festuca (%)

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
Remanente festuca	12	0.53	0.1 3	19.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	464.63	5	92.93	1.34	0.3614
BLOQUE	48.17	2	24.08	0.35	0.7198
TRATAMIENTO	416.47	3	138.82	2	0.2151
Error	415.8	6	69.3		
Total	880.43	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=19.53784

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	51.75	3	4.81	A
50	43.75	3	4.81	A
75	43.1	3	4.81	A
0	35.1	3	4.81	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

2. Leguminosas (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente leguminosa	12	0.7	0.45	60.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.07	5	1.01	2.78	0.1224
BLOQUE	3.39	2	1.7	4.66	0.0601
TRATAMIENTO	1.68	3	0.56	1.53	0.2995
Error	2.18	6	0.36		
Total	7.25	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=1.41592

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	1.55	3	0.35	A
0	1.07	3	0.35	A
50	0.87	3	0.35	A
75	0.52	3	0.35	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

3. Raigrás (%)

Variable	N	R ²	R ² _{Aj}	CV
Remanente raigrás	12	0.57	0.21	51.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	337.67	5	67.53	1.57	0.2977
BLOQUE	56.93	2	28.47	0.66	0.55
TRATAMIENTO	280.74	3	93.58	2.17	0.192
Error	258.16	6	43.03		
Total	595.83	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=15.39516

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
75	18.6	3	3.79	A
0	15.93	3	3.79	A
100	10.42	3	3.79	A
50	6.13	3	3.79	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

4. Malezas (%)

Variable	N	R ²	R ² _{Aj}	CV
Remanente malezas	12	0.47	0.03	16.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	73.23	5	14.65	1.08	0.4565
BLOQUE	13.45	2	6.73	0.49	0.6327
TRATAMIENTO	59.77	3	19.92	1.47	0.3153
Error	81.6	6	13.6		
Total	154.82	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=8.65512

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
0	24.95	3	2.13	A
50	22.82	3	2.13	A
75	19.75	3	2.13	A
100	19.62	3	2.13	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

5. Restos secos (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente restos	12	0.92	0.86	13.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	579.35	5	115.87	14.24	0.0028
BLOQUE	378.58	2	189.29	23.26	0.0015
TRATAMIENTO	200.77	3	66.92	8.22	0.0151
Error	48.82	6	8.14		
Total	628.17	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=6.69509

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
50	26.47	3	1.65	A
0	23	3	1.65	AB
75	18.1	3	1.65	BC
100	16.03	3	1.65	C

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

6. Suelo desnudo (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rem S.D.	12	0.24	0	59.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	123.82	3	41.27	0.86	0.4992
Tratamiento	123.82	3	41.27	0.86	0.4992
Error	383.14	8	47.89		
Total	506.96	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=15.31934

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0	16.9	3	4	A
50	11.28	3	4	A
75	9.48	3	4	A
100	8.67	3	4	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

7. Forraje remanente festuca (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente festuca	12	0.68	0.4	35.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	86340.18	5	17268.04	2.5	0.1482
BLOQUE	31614.79	2	15807.39	2.28	0.183
TRATAMIENTO	54725.39	3	18241.8	2.64	0.1442
Error	41523.1	6	6920.52		
Total	127863.3	11			

Test: Tukey Alfa=0.10

DMS=195.24582

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	297.67	3	48.03	A
50	297.44	3	48.03	A
75	221.18	3	48.03	A
0	133.76	3	48.03	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

8. Forraje remanente leguminosas (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente leg.	12	0.71	0.46	73.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	298.39	5	59.68	2.87	0.1159
BLOQUE	199.12	2	99.56	4.79	0.0572
TRATAMIENTO	99.27	3	33.09	1.59	0.2871
Error	124.77	6	20.79		
Total	423.16	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=10.70262

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
100	10.64	3	2.63	A
50	6.02	3	2.63	A
0	5.75	3	2.63	A
75	2.57	3	2.63	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

9. Forraje remanente raigrás (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente raigrás	12	0.66	0.38	47.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12079.47	5	2415.89	2.37	0.1622
BLOQUE	6705.96	2	3352.98	3.28	0.1089
TRATAMIENTO	5373.51	3	1791.17	1.75	0.2555
Error	6129.08	6	1021.51		
Total	18208.55	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=75.01267

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
75	98.7	3	18.45	A
0	71.6	3	18.45	A
100	55.31	3	18.45	A
50	41.93	3	18.45	A

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

10. Forraje remanente malezas (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente malezas	12	0.83	0.69	19.9

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14856.11	5	2971.22	5.8	0.0269
BLOQUE	7220.07	2	3610.04	7.05	0.0266
TRATAMIENTO	7636.04	3	2545.35	4.97	0.0457
Error	3072.09	6	512.02		
Total	17928.2	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=53.10727

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
50	157.36	3	13.06	A
0	100.86	3	13.06	B
100	99.56	3	13.06	B
75	97.14	3	13.06	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).

11. Forraje remanente restos secos (kgMS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente restos secos	12	0.81	0.65	28.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21092.07	5	4218.41	5.09	0.0361
BLOQUE	1801.44	2	900.72	1.09	0.3953
TRATAMIENTO	19290.64	3	6430.21	7.77	0.0173
Error	4968.26	6	828.04		
Total	26060.34	11			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=67.53660

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
50	170.42	3	16.61	A
75	87.16	3	16.61	B
0	83.06	3	16.61	B
100	67.8	3	16.61	B

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$)..

Anexo No. 12. Análisis de la ganancia media diaria por animal (kg/día)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GMD (kg/dia)	30	0.89	0.87	8.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.63	4	0.16	49.43	<0.0001
Tratamiento	0.6	3	0.2	62.07	<0.0001
p inicial	0.03	1	0.03	8.07	0.0088
Error	0.08	25	0.0032		
Total	0.71	29			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=0.07116

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
100	0.87	8	0.02	A
75	0.67	8	0.02	B
50	0.59	8	0.02	C
0	0.42	6	0.02	D

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,10$).