

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO RESIDUAL DE LA FERTILIZACIÓN  
NITROGENADA EN LA PRODUCCIÓN ESTIVO-OTOÑAL DE UNA  
PRADERA**

**por**

**Emely D'ANDREA PIÑEYRO  
Flores Belén DE BRUN CORUJO  
Lucila Nataly PÉREZ ELVIRA**

**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. PhD. Pablo Boggiano

-----  
Ing. Agr. María Elena Mailhos

Fecha: 21 de julio de 2021

Autoras:

-----  
Emely D'andrea Piñeyro

-----  
Florencia Belén de Brun Corujo

-----  
Lucila Nataly Pérez Elvira

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a todo el personal docente y no docente de la Facultad de Agronomía quienes fueron parte de nuestra formación académica.

A nuestro director de tesis Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani por confiarnos la realización de este trabajo de tesis, brindarnos las herramientas necesarias para llevarlo a cabo, como también, por el apoyo y la paciencia durante todas las instancias.

Al personal de campo y laboratorio de la EEMAC, por sus servicios y apoyo.

A Sully Toledo y el personal de biblioteca, por su guía en los aspectos formales de la presentación de la tesis y la búsqueda bibliográfica.

A Romina Sosa, por la colaboración en la traducción.

A nuestras familias, amigos y compañeros, por el apoyo y la confianza incondicional durante toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES COMPONENTES DE LA MEZCLA .....	3
2.1.1 <i>Festuca arundinacea</i> .....	3
2.1.2 <i>Trifolium repens</i> .....	7
2.1.3 <i>Lotus corniculatus</i> .....	10
2.2 MEZCLAS FORRAJERAS.....	12
2.2.1 Elección de especies.....	15
2.3 NITRÓGENO.....	16
2.3.1 Nitrógeno en el sistema.....	16
2.3.2 Nitrógeno en la planta .....	17
2.3.3 Efecto de la fertilización nitrogenada.....	18
2.3.3.1 Efecto sobre la producción de forraje.....	18
2.3.3.2 Efecto sobre los componentes de una pastura mezcla .....	21
2.3.3.3 Efecto sobre la producción animal .....	25
2.3.4 Factores que modifican la respuesta a la fertilización nitrogenada .....	26
2.3.4.1 Efecto del momento de aplicación.....	26
2.3.4.2 Efecto del clima.....	28
2.3.4.3 Efecto de los factores edáficos.....	29

2.3.4.4 Efecto de la especie tratada .....	30
2.3.4.5 Efecto del pastoreo .....	31
2.3.5 Efecto residual.....	32
2.4 EFECTO DEL PASTOREO .....	35
2.4.1 Aspectos generales .....	35
2.4.2 Parámetros que definen el pastoreo.....	35
2.4.2.1 Frecuencia.....	35
2.4.2.2 Intensidad.....	37
2.4.3 Efecto sobre la fisiología de las plantas .....	38
2.4.3.1 Efecto sobre la morfología y estructura de las plantas.....	38
2.4.3.2 Efecto sobre las raíces .....	40
2.4.3.3 Efecto sobre el rebrote .....	41
2.4.3.4 Efecto sobre la utilización del forraje.....	43
2.4.3.5 Efectos sobre la composición botánica .....	45
2.4.3.6 Efecto sobre la calidad .....	46
2.4.3.7 Efectos sobre la persistencia.....	49
2.4.3.8 Efectos sobre las especies que componen la mezcla y su producción .....	50
2.4.3.9 Efecto sobre el desempeño animal .....	52
2.5 PRODUCCIÓN ANIMAL.....	55
2.5.1 Aspectos generales de la producción animal .....	55
2.5.2 Relación entre consumo - disponibilidad - altura.....	55
2.5.3 Relación entre oferta de forraje-consumo .....	57
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	60
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES .....	60
3.1.1 Lugar y período experimental .....	60
3.1.2 Descripción del sitio experimental .....	60
3.1.3 Antecedentes del área experimental .....	60
3.1.4 Tratamientos.....	61
3.1.5 Diseño experimental.....	61

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	62
3.2.1 Mediciones de las principales variables .....	62
3.2.1.1 Forraje disponible y remanente .....	63
3.2.1.2 Altura del forraje disponible y remanente .....	63
3.2.1.3 Producción de forraje .....	64
3.2.1.4 Materia seca desaparecida .....	64
3.2.1.5 Porcentaje de utilización .....	64
3.2.1.6 Composición botánica .....	64
3.2.1.7 Índice de selectividad relativa.....	64
3.2.1.8 Peso de los animales .....	64
3.2.1.9 Ganancia de peso media diaria individual.....	65
3.2.1.10 Producción de peso vivo .....	65
3.2.1.11 Eficiencia de producción y utilización .....	65
3.2.1.12 Eficiencia residual del uso de nitrógeno .....	65
3.3 HIPÓTESIS.....	65
3.3.1 Hipótesis biológica.....	65
3.3.2 Hipótesis estadística.....	66
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	66
3.4.1 Modelo estadístico para la producción vegetal.....	66
3.4.2 Modelo estadístico para la producción animal.....	66
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	68
4.1 DATOS METEOROLÓGICOS .....	68
4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	70
4.2.1 Forraje disponible .....	70
4.2.2 Forraje remanente .....	72
4.2.3 Composición botánica .....	75
4.2.3.1 Composición botánica del disponible .....	75
4.2.3.2 Composición botánica del remanente .....	80
4.2.4 Forraje desaparecido.....	84

4.2.5 Producción de materia seca .....	87
4.2.5.1 Tasa de crecimiento .....	87
4.2.5.2 Producción de forraje .....	90
4.2.6 Suelo descubierto .....	91
4.2.7 Oferta de forraje .....	94
4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL .....	95
4.3.1 Ganancia media diaria por animal .....	96
4.3.2 Producción de peso vivo por animal y por hectárea .....	99
4.4 EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN Y PRODUCCIÓN .....	101
4.5 EFICIENCIA RESIDUAL DEL USO DEL NITRÓGENO .....	103
4.6. CONSIDERACIONES FINALES .....	104
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	106
6. <u>RESUMEN</u> .....	107
7. <u>SUMMARY</u> .....	109
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	111
9. <u>ANEXOS</u> .....	129

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de forraje promedio, máximo y mínimo según año de vida de <i>Festuca arundinacea</i> cultivar INIA Fortuna, expresado en kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> MS .....	7
2. Producción de forraje promedio, máximo y mínimo según año de vida de <i>Trifolium repens</i> cultivar Estanzuela Zapicán, expresado en kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> MS .....	10
3. Producción de forraje promedio, máximo y mínimo según año de vida de <i>Lotus corniculatus</i> cultivar INIA Rigel, expresado en kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> MS .....	12
4. Disponibilidad promedio de forraje en kg ha <sup>-1</sup> de MS de cada tratamiento para cada período y para el total .....	70
5. Altura promedio del forraje disponible en cm de cada tratamiento para cada período y para el total .....	70
6. Forraje remanente promedio en kg ha <sup>-1</sup> de MS de cada tratamiento para cada período y para el total .....	73
7. Altura promedio del forraje remanente en cm de cada tratamiento para cada período y para el total .....	73
8. Composición botánica promedio del forraje disponible por tratamiento expresado en porcentaje .....	75
9. Composición botánica promedio del forraje remanente por tratamiento expresado en porcentaje .....	80
10. Índice de selectividad relativa según tratamiento para los dos períodos analizados y el promedio total .....	83
11. Forraje desaparecido promedio en kg MS ha <sup>-1</sup> por tratamiento para cada período y total .....	85
12. Tasa de crecimiento promedio de la pastura para cada tratamiento, por período y total .....	88
13. Producción de forraje promedio total para cada tratamiento expresado en kg MS ha <sup>-1</sup> por período y total .....	90
14. Porcentaje de suelo descubierto en el disponible y remanente, por tratamiento, promedio total .....	91



15. Oferta de forraje promedio para cada tratamiento expresado como porcentaje de PV, por período y total .....	94
16. Peso inicial, final, promedio y carga promedio en kg ha <sup>-1</sup> de PV según tratamiento, para los períodos analizados .....	95
17. Ganancia media diaria promedio por animal para cada tratamiento, para los diferentes períodos y para el total .....	96
18. Ganancia promedio por animal (kg de PV) y producción (kg PV ha <sup>-1</sup> ) para cada tratamiento .....	100
19. Eficiencia de utilización y producción de forraje según tratamiento .....	101
20. Eficiencia promedio de uso del N en cuanto a la producción de MS y la producción de carne .....	103

#### Figura No.

1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental .....	62
2. Registro de las precipitaciones durante el experimento, comparado con el promedio histórico .....	68
3. Registro de temperatura promedio, máxima y mínima durante el año del ensayo en comparación con el promedio histórico .....	69
4. Composición botánica promedio para el período 1, del forraje disponible por tratamiento expresado en porcentaje .....	76
5. Composición botánica promedio para el período 2, del forraje disponible por tratamiento expresado en porcentaje .....	77
6. Composición botánica promedio para el período 1, del forraje remanente por tratamiento expresado en porcentaje .....	81
7. Composición botánica promedio para el período 2, del forraje remanente por tratamiento expresado en porcentaje .....	81
8. Porcentaje de utilización del forraje disponible promedio para cada tratamiento por período y total .....	86
9. Porcentaje de suelo descubierto en el disponible y remanente, por tratamiento, para el período 1 .....	92
10. Porcentaje de suelo descubierto en el disponible y remanente, por tratamiento, para el período 2 .....	92

## 1. INTRODUCCIÓN

El campo natural, históricamente ha sido el sustento o base forrajera de la producción pecuaria del país. Es sabido que sigue siendo la alternativa principal de los agroecosistemas uruguayos, sin embargo, han surgido otras que determinan mayores beneficios productivos y económicos (Zanoniani, 2014).

La producción del campo natural no es constante a lo largo del año, determinando períodos en los cuales existen insuficiencias, como también, desperdicios de forraje. A su vez, se le suma el efecto de los continuos cambios en cantidad y calidad; cada año y entre años. Por lo tanto, la inclusión de especies que produzcan en períodos en los cuales existen deficiencias, podría ser una medida de manejo adecuada para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales (Carámbula, 2002).

Actualmente, es frecuente el uso de mezclas forrajeras tipo multipropósito, pretendiendo mejorar la distribución estacional del forraje (Zanoniani, 2014). La incorporación de éstas en conjunto con verdes anuales en las rotaciones ha conllevado a un incremento en el uso de fertilizantes nitrogenados y a una mayor incorporación de leguminosas, dando como resultado, una intensificación en los sistemas de producción. Esta inversión se debería compensar con el aumento en producción de la pastura y/o con efectos a largo plazo en cuanto al aumento de la disponibilidad de nitrógeno en la rotación forrajera.

### 1.1 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo general del presente trabajo, es evaluar el efecto residual de la fertilización nitrogenada en la producción estivo-otoñal de una pradera mezcla, compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Así como también, evaluar la producción animal, en términos de ganancia media individual ( $\text{kg animal}^{-1}$ ) y por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar y comparar la producción de forraje de la mezcla anteriormente mencionada con diferentes niveles de nitrógeno (0 vs.  $64 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

Evaluar y comparar la composición botánica de los diferentes niveles de nitrógeno tanto en el disponible como en el remanente.

Evaluar y comparar la ganancia individual ( $\text{kg animal}^{-1}$ ) y por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de novillos Holando pastoreando los diferentes tratamientos.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES COMPONENTES DE LA MEZCLA

#### 2.1.1 Festuca arundinacea

*“La festuca es la gramínea perenne invernal más usada en el país”* (Formoso, 2010).

El tipo vegetativo que presenta es cespitoso a rizomatoso, con rizomas muy cortos. Tiene la capacidad de tolerar desde suelos ácidos a alcalinos (Carámbula, 2002). Posee raíces profundas, las cuales en el segundo año alcanzan más de un metro de profundidad (Formoso, 2010), permitiéndole adaptarse a suelos medios a pesados (Carámbula 2002, García 2003). Dicha especie tiene moderadamente buena resistencia a la sequía, y no es muy afectada por las heladas (García, 2003).

La implantación es lenta debido al bajo vigor de sus plántulas (Carámbula 2002, García 2003). Esto podría estar explicado por la baja movilización de las reservas de la semilla, y por ende, el crecimiento lento de la raíz (Carámbula, 2002). Lo cual se agrava con siembras tardías en suelos fríos (INIA, 2017).

Según Formoso (2010), en términos productivos, no solo es importante lograr buenos porcentajes de implantación, sino que también, que la emergencia sea uniforme y que se obtengan los mayores niveles de producción en el menor tiempo posible, es decir, mayor precocidad.

El vigor inicial, la implantación y las tasas de producción de forraje por planta mejoran al estar expuestas a un ambiente menos competitivo, el cual se logra con siembras en línea (García 2003, Formoso 2010). Sin embargo, Formoso (2010) afirma que, en condiciones de muy buena a excelente preparación de la cama de siembra, y un suministro de agua adecuado durante todo el período de germinación, las diferencias entre la siembra en línea y al voleo no son relevantes.

Una lenta implantación, trae como resultado que sean fácilmente dominadas por especies anuales de rápido crecimiento (Cowan, citado por Carámbula, 2002). Siendo este el motivo por el cual el manejo durante el estado de plántula es de gran importancia, para evitar pérdidas por competencia de malezas o de forrajeras de buen vigor inicial. Es una de las especies más sensibles a las siembras consociadas con cereales (Carámbula, 2002).

*“Las macollas constituyen las unidades básicas de producción, de su número y condición fisiológica, vigor de las mismas, depende la capacidad de producción de forraje y semillas”* (Formoso, 2010).

Durante el otoño, marzo a mayo, se obtienen las tasas más altas de macollaje. En invierno, junio a agosto, la población de macollas continúa en aumento pero a tasas menores. Este aumento se debe al predominio de la tasa de formación de nuevas macollas por encima a la tasa de muerte de las mismas. Las poblaciones máximas de macollas se logran previo al inicio del alargamiento de entrenudos, a fines de agosto (Formoso, 2010).

El macollaje se lentifica próximo y durante la etapa de iniciación de la diferenciación reproductiva, se comienza a priorizar el desarrollo reproductivo. Durante la primavera, a partir de septiembre, la población de macollas vivas decrece, explicado por el balance entre la tasa de muerte y la tasa de formación de nuevas macollas, siendo la primera la más relevante. En este período, el rendimiento del forraje se explica principalmente por el peso de cada macolla, ya que, como se mencionó anteriormente, el número de macollas se ve reducido. En verano, se registra la menor población de macollas (Formoso, 2010).

Una severa pérdida de estas, podría favorecer la aparición y expansión de malezas de verano anuales o perennes. Durante el año de implantación, este proceso es de menor importancia dado que pocos macollos logran inducirse y florecer (INIA, 2019).

El pastoreo es la finalidad primordial de esta especie, por tal motivo el manejo debe ser el adecuado de tal manera que no crezca mucho, ni que se “endurezca”, para evitar una disminución en la digestibilidad y palatabilidad, y por ende, ser rechazado por el animal (Formoso, 2010).

Matches, citado por Carámbula (2002), afirma que pastoreos intensos por períodos prolongados, pueden afectar el crecimiento de la festuca.

Cuando la fertilidad es adecuada, se admiten defoliaciones más o menos severas, si la altura de la pastura es el doble del remanente que se pretende dejar (Burns, citado por Carámbula, 2002).

*“Se beneficia con pastoreo rotativo y tolera bien defoliaciones intensas salvo en verano donde los pastoreos restantes reducen su producción posterior y persistencia”* (García, 2003).

En primavera, el manejo debe evitar la encañazón excesiva, para prevenir la acumulación de tallos reproductivos, material de baja calidad, siendo así, rechazada por los animales (García, 2003).

En el primer año de la pastura, dicho manejo pierde relevancia, ya que, como se mencionó anteriormente, pocos macollos alcanzan el estado reproductivo (INIA, 2019).

Según Carámbula (2002), INIA (2019) en verano, las elevadas temperaturas pueden ser contraproducentes para la sobrevivencia de los macollos, sin embargo, la falta de agua es la principal limitante en su crecimiento.

Cabe destacar, la importancia del rol que cumple el sistema radicular de la especie, fibroso, profundo y muy extendido, permitiendo alcanzar agua de horizontes profundos (Carámbula, 2002).

De acuerdo con Formoso (2010), esta estación, principalmente febrero, se considera un período crítico en cuanto al manejo, al ser el momento donde hay menor número de unidades de producción. Siendo importante reducir la mortandad estival de macollos (INIA, 2019).

Esta especie, al no poseer latencia estival, disminuye la invasión de malezas y gramíneas estivales (García, 2003). A su vez, Formoso (2010) afirma que con menores intensidades de pastoreo durante primavera y sobre todo verano, se obtuvieron los menores porcentajes de engramillamiento. Al finalizar el verano, se debe reconstruir la densidad de macollos de la pastura, favoreciendo el macollaje con el fin de reemplazar los macollos muertos.

Incluir una gramínea perenne como la festuca en una mezcla forrajera, disminuye los niveles de engramillamiento al tercer verano, en comparación con una mezcla que no posea una especie como tal. Este efecto se acentúa con la inclusión de dos especies leguminosas, frente a una mezcla de una gramínea con una leguminosa (Formoso, 2010).

El rendimiento y calidad de dicha especie, como ya se mencionó anteriormente, se favorece con pastoreos rotativos, sin embargo, tiene mejor capacidad de tolerar pastoreos continuos en comparación con otras especies (INIA, 2019).

Como manejo general, INIA (2017), recomienda el ingreso a la pastura cuando la misma alcanza una altura de 15 - 18 cm, dejando un remanente de 5 cm. La intensidad y frecuencia debería aumentarse en primavera, como forma de evitar la encañazón y en verano, se recomienda la misma frecuencia, 15 - 18

cm, pero una menor intensidad de pastoreo, 7 - 10 cm. En períodos de sequía no se debería pastorear.

Con manejos extremadamente intensivos, López et al., citados por Carámbula (2002), aseveran que puede verse afectada la productividad y persistencia, dada la ausencia de latencia estival y el no poseer órganos con la capacidad de acumular grandes volúmenes de reservas. Motivo por el cual, se recomiendan períodos de descanso de la pastura.

Un sobrepastoreo en verano puede afectar negativamente los rebrotes de la siguiente estación, siendo éstos de gran valor para dicha especie, gramínea perenne precoz, pudiendo deteriorar la producción invernal. Un inapropiado manejo de las pasturas, principalmente, una alta frecuencia de defoliación, tiene un acentuado efecto en los pesos radicales y en la ubicación de las raíces en el perfil del suelo, éstas se ubican más superficialmente, causa por la cual, la tolerancia a la sequía se ve reducida notoriamente. Este impacto sobre las raíces, podría considerarse mayor al que ejerce una frecuencia de defoliación más alta, sobre la disminución en la producción de forraje (Formoso, 2010).

Para obtener una adecuada persistencia productiva de pasturas con festuca, INIA (2019) se basa en cuatro aspectos: garantizar una buena disponibilidad de nitrógeno (N) desde fines de invierno, un manejo que impida que un elevado número de macollos ingresen al estado reproductivo, obtener la mayor supervivencia de macollos durante el verano y por último, favorecer el proceso de macollaje una vez terminada dicha estación.

Por otra parte, Carámbula (2002) enfatiza que la persistencia está condicionada por un buen desarrollo del sistema radicular desde fines de invierno y primavera, asegurando una mayor exploración del suelo en períodos de sequía.

Es una especie persistente, siempre y cuando, se obtenga una buena implantación, adecuada fertilidad y manejo, permitiendo extender la vida productiva de las praderas (García, 2003).

El comportamiento de esta especie en la pastura está determinado por un manejo adecuado de la fertilización y defoliación (Carámbula, 2002).

García (2003), INIA (2019) coinciden en que se trata de una especie muy exigente en cuanto al N.

El suministro de N puede ser mediante fertilizantes nitrogenados o la siembra de leguminosas asociadas (Carámbula, 2002).

Según INIA (2019), es de gran importancia que hacia fines de invierno el suministro de N sea suficiente para asegurar una temprana producción de forraje ya que, la disponibilidad de este mineral en el suelo es generalmente baja debido a las bajas temperaturas del suelo, y por ende, una lenta mineralización de la materia orgánica.

Con el déficit de dicho nutriente, esta especie se ve muy perjudicada, cambiando drásticamente su comportamiento, volviéndose amarillenta, con un lento rebrote y disminuyendo la apetecibilidad por parte de los animales (Carámbula, 2002).

INIA (2017) menciona que posee un buen comportamiento al asociarse con leguminosas.

*“Sus hojas relativamente erectas le permiten coexistir con las leguminosas, formando en especial con trébol blanco una mezcla muy valiosa”* (Carámbula, 2002).

INIA Fortuna es un cultivar de floración tardía, primeros días de octubre, de excelente calidad y flexibilidad, otorgándole una alta palatabilidad y valor nutritivo todo el año. El rendimiento de forraje es mayor a otros cultivares tardíos y similar al de “Estanzuela Tacuabé” en todas las estaciones. Este cultivar por las características anteriormente mencionadas, es especialmente recomendado en sistemas lecheros o invernada intensiva donde el valor nutritivo del forraje es de gran interés (Gutiérrez y Calistro, 2013).

Cuadro No. 1. Producción de forraje promedio, máximo y mínimo según año de vida de *Festuca arundinacea* cultivar INIA Fortuna, expresado en kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> MS

kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> MS	Año		
	1	2	3
Promedio	7033	10235	8303
Máximo	9753	14668	11586
Mínimo	3839	6417	5297

Fuente: elaborado en base a INASE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015).

### 2.1.2 *Trifolium repens*

Es una leguminosa perenne, estolonífera de ciclo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera. Presenta alta producción de forraje de excelente calidad siempre y cuando los suelos tengan suficiente humedad y cantidades apropiadas de fósforo. Esta leguminosa es la más utilizada en



ciertas zonas, en las cuales las temperaturas del verano son moderadas y la falta de humedad del suelo no es limitante (Carámbula, 2007). La ocurrencia de períodos secos durante el verano, reduce significativamente el desarrollo de la especie (Olmos, 2004).

La raíz primaria normalmente muere entre el primer y el segundo año, y a partir de ese momento la sobrevivencia de las plantas depende de las raíces adventicias de los estolones, las que normalmente se concentran en los primeros 15 cm del suelo (García, 1995b).

Esta especie se caracteriza por presentar un bajo vigor inicial y un lento establecimiento. El porte rastrero, los meristemas contra el suelo, el bajo índice de área foliar, las hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y las maduras en el superior le confieren una gran adaptación al manejo intenso y altos rendimientos de materia seca (MS, Carámbula, 2002).

La floración está condicionada por el genotipo y factores ambientales, fotoperiodo y temperatura. La magnitud de ésta posee una relación inversa con la persistencia vegetativa, estolones, dado que los nudos pueden producir otro estolón o una inflorescencia (Gibson, citado por García, 1995b).

El verano es la estación más crítica para la especie, lo cual para determinar su persistencia en esta estación, como también la capacidad de producir durante otoño-invierno de las plantas sobrevivientes, es fundamental el manejo de primavera (Formoso, 1996).

La persistencia por estolones de la siembra original no supera los tres años, con excepciones en suelos bajos, sin problemas de humedad. En otoño/invierno llovedores la resiembra puede ser de gran magnitud, aunque ésta posee un comportamiento errático (García, 1995b). Pudiéndose concluir, que la persistencia depende fundamentalmente de la sobrevivencia de las plantas originales y de la propagación vegetativa (Díaz et al., 1996).

Caradus y Williams, citados por García (1995b) señalan que *“los caracteres generalmente asociados con persistencia en trébol blanco varían con la naturaleza del ambiente. Por ejemplo, en inviernos fríos y con altas presiones de pastoreo, el tipo de planta más adaptada es el de hoja pequeña y más estolonífero. En cambio, para veranos con sequía lo más importante es un sistema radicular más potente”*.

La sobrevivencia de las plantas también podría ser afectada por el pastoreo, debido a que este perjudica el desarrollo radicular si se realiza antes del estado de 4 hojas (Haycock, citado por Olmos, 2004).

La producción de forraje durante el primer otoño-invierno es reducida explicado por el período de implantación y las bajas temperaturas. A partir de agosto, la tasa de crecimiento aumenta hasta noviembre, donde se alcanzan los valores máximos y posteriormente, vuelven a disminuir. La estacionalidad de la especie se expresa el segundo año, dado que la producción no se ve afectada por la implantación, ni por la persistencia. En este caso, en primavera se produce la mitad del forraje, pero la producción de otoño-invierno supera ampliamente a la del segundo verano, siendo éste el momento más crítico para la especie (Díaz et al., 1996).

Por lo que concierne al manejo ideal de pastoreo para esta especie, sería rotativo con frecuencias de 12 a 15 cm en invierno, y de 18 cm en primavera a una intensidad de 3 a 5 cm respectivamente (Silveira, 2011).

Se debe tener en cuenta, que en la época de crecimiento primaveral, los riesgos por meteorismo son elevados (Carámbula, 2002).

Respecto a los cultivares, éstos se clasifican por tamaño de hoja, pudiendo ser de hoja pequeña, intermedia o grande. Los de hoja pequeña, se caracterizan por ser de hábito más postrado, estoloníferos, con raíces fibrosas y superficiales, mientras que, los de hoja grande son de hábito más erecto, poseen estolones más gruesos y un sistema radicular más profundo con raíces pivotantes (García, 1995b).

Según García (1995b), INIA (2017) el cultivar Estanzuela Zapicán, es el material más utilizado en el país. Posee un tipo de hoja media a grande, rápido establecimiento, y excelente producción invernal, presentando tasas de crecimiento ligeramente mayores durante otoño-invierno.

La floración es abundante y temprana, con un promedio de persistencia de tres años. La semillazón es abundante, lo cual asegura un banco de semillas suficiente en los años de buena resiembra (INIA, 2017).

Cuadro No. 2. Producción de forraje promedio, máximo y mínimo según año de vida de *Trifolium repens* cultivar Estanduela Zapicán, expresado en kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> MS

kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> MS	Año		
	1	2	3
Promedio	7515	10001	6935
Máximo	10368	11921	-
Mínimo	6308	4835	-

Fuente: elaborado en base a INASE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020).

### 2.1.3 *Lotus corniculatus*

Es una leguminosa perenne estival, la cual crece a partir de la corona. El hábito de crecimiento normalmente es erecto, pudiendo ser decumbente según el cultivar (Zanoniani y Ducamp, 2004).

El sistema radicular está compuesto por una raíz pivotante y ramificaciones laterales, es vigoroso y de profundidad media entre otras leguminosas como la alfalfa y el trébol rojo. Estas características le brindan a la especie mayor resistencia a la sequía. Sin embargo, esto trae aparejado que sea una especie poco adaptada a suelos superficiales, debido a no poder desarrollar su extenso sistema radicular en dichos ambientes (Zanoniani y Ducamp, 2004).

El mejor comportamiento de la especie se observa en temperaturas frescas a frías. En cuanto a los requerimientos de suelo, se considera que es poco exigente dada su gran plasticidad, la cual le confiere la posibilidad de ser utilizada tanto en suelos arcillosos como en arenosos. Posee menores requerimientos de fósforo que las demás leguminosas, y sobrevive en suelos moderadamente ácidos o alcalinos (Formoso 1993, Carámbula 2002).

Carámbula (2002), Zanoniani y Ducamp (2004), coinciden en que se podría considerar la especie más adecuada para reemplazar la alfalfa, ya que puede ser utilizada en suelos más ácidos, donde ésta no prospera.

*“En el Uruguay, su recomendación está dada para suelos profundos, arenosos o pesados, así como para suelos ácidos, desgastados y pobres en fósforo”* (García, citado por Zanoniani y Ducamp, 2004).

En cuanto al vigor inicial y precocidad de la especie, se podrían considerar aceptables, siendo de todas formas menores que en trébol rojo y alfalfa (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Según Carámbula (2002), un aspecto a destacar es la lenta nodulación, lo cual, posiciona a esta leguminosa en condiciones similares a las gramíneas.

Es importante mencionar que se puede considerar una de las leguminosas más adaptadas a las siembras asociadas con cultivos de invierno, mostrando bajo estas circunstancias un buen porcentaje de implantación (Zanoniani y Ducamp, 2004).

*“Su persistencia, hace de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras”* (Formoso, citado por Carámbula, 2002).

La fusariosis es la causa fundamental de la muerte de plantas, la cual lleva a una reducción del stand de estas, y por ende, la disminución productiva del cultivo (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Carámbula (2002), Zanoniani y Ducamp (2004) aseguran que, esta especie es muy susceptible al manejo inadecuado del pastoreo, pudiendo llegar a comprometer la persistencia del cultivo. Pastoreos demasiado frecuentes e intensos durante todo el año, los cuales superen los límites de plasticidad de la especie, llevan a una reducción del stand de plantas.

Harper, citado por Formoso (1993), indica que la plasticidad de la especie, permite en caso de no ser superada, compensar parcialmente la menor población.

Ésta se expresa en ambientes favorables, primavera, permitiendo incrementar el crecimiento por planta. Sin embargo, en los ambientes menos favorables, verano-otoño-invierno, este mecanismo no es evidente, generando una menor producción de forraje (Formoso, 1993).

La distribución en la producción de forraje es primavero-estivo-otoñal, siendo primavera la estación en donde se encuentra el pico de producción. La producción de forraje es alta, del orden de los 6500 kg MS ha<sup>-1</sup> (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Carámbula (2002) menciona que, a medida que el cultivo envejece, se expresa una tendencia hacia una estacionalidad más marcada, coincidiendo con lo sugerido por Zanoniani y Ducamp (2004), quienes sostienen que, al avanzar la edad, el forraje producido por año y estación disminuye, y a su vez,

el total anual producido se concentra cada vez más en primavera-verano, disminuyendo en otoño-invierno.

Según Formoso, citado por Zanoniani y Ducamp (2004), “*las mayores producciones y longevidades se obtienen cuando se manejan cortes menos frecuentes, alturas previas de aproximadamente 20 cm e intensidades entre 3 y 6 cm*”.

En esta especie, el rebrote se realiza principalmente a partir de las reservas acumuladas previamente al corte, debido al hábito erecto de la misma. Esto determina que las hojas nuevas y los meristemas apicales y axilares sean removidos durante el pastoreo, y el remanente esté compuesto por hojas de baja o nula capacidad fotosintética (Zanoniani y Ducamp, 2004).

En cuanto a su utilización, es normal encontrarlo en pasturas de vida larga junto a gramíneas, pero cabe destacar la posibilidad de sembrarlo puro debido a tener la gran ventaja de no producir meteorismo (Carámbula, 2002).

El cultivar INIA Rigel presenta un hábito ligeramente más postrado al esperado en la especie, no tiene reposo invernal y posee floración temprana. Además, se destaca por presentar tolerancia a podredumbres de raíz y buena resistencia a roya, lo cual determina una mejora en la persistencia (INIA, 2017).

Otra característica a mencionar, es la capacidad de superar períodos moderados de sequía, siempre y cuando se realice un manejo de defoliación adecuado, como también la adecuada producción estival, aún en condiciones de baja disponibilidad hídrica (INIA, 2017).

Cuadro No. 3. Producción de forraje promedio, máximo y mínimo según año de vida de *Lotus corniculatus* cultivar INIA Rigel, expresado en kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> MS

kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> MS	Año		
	1	2	3
Promedio	4345	9835	-
Máximo	7364	15611	-
Mínimo	2155	5288	-

Fuente: elaborado en base a INASE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015).

## 2.2 MEZCLAS FORRAJERAS

“*Una mezcla forrajera es una población artificial formada por varias especies con diferentes características, tanto morfológicas como fisiológicas*” (Carámbula, 2002).

Al realizar una mezcla, se pretende lograr sinergia entre los diferentes componentes de la misma, gramíneas y leguminosas. Las primeras aportan alto potencial de rendimiento, persistencia, estabilidad y disminuyen el riesgo de enmalezamiento, entre otros. Mientras que las segundas, aportan calidad y fijan nitrógeno. A su vez, se debe evitar, en la mayor medida posible, la interferencia competitiva entre dichas especies (Carámbula, 2002).

INIA (2018) menciona que la incorporación de gramíneas perennes en la mezcla forrajera determinará una mayor productividad de la pastura, así como también, un menor engramillamiento al tercer año.

Sembrar mezclas de especies perennes de ciclo similar o complementario disminuye el período sin cobertura del suelo en el período estival (Santiñaque y Carámbula, Boggiano y Zanoniani, citados por Zanoniani, 2010).

*“Se puede afirmar que en las mezclas, las especies pueden compensar su crecimiento frente a diferentes factores climáticos, edáficos y de manejo, manteniendo no solamente en forma más homogénea los rendimientos en ciertas épocas del año, sino también alargando el período de productividad de la pastura y confiriéndole a la vez una mayor flexibilidad en su utilización”* (Blaser et al., citados por Carámbula, 2002).

Cabe destacar, que dichas mezclas inducen a un aumento de la apetecibilidad por el forraje por parte de los animales, además de evitar problemas nutricionales y fisiológicos, en comparación con siembras puras (Carámbula, 2002).

Si bien está demostrado que las especies sembradas puras alcanzan mayores rendimientos, dado que se les puede realizar el manejo ideal, los objetivos de las mezclas son otros, como se mencionó en los párrafos anteriores (Carámbula, 2002).

La composición ideal es un porcentaje de 60 - 70% de gramíneas, 20 - 30% de leguminosas, admitiendo un 10% de malezas. Cuantas más especies contenga la mezcla, más difícil será mantener este balance (Carámbula, 2002).

Según Carámbula (2002) las mezclas se pueden clasificar en: ultrasimples (gramínea + leguminosa del mismo ciclo de producción), simples (ultrasimple + especie de ciclo complementario) y complejas (formadas por varias gramíneas y leguminosas, pudiendo ser de ciclos similares o de ciclos complementarios).

Las dos primeras, tienen como ventaja lograr el mejor aprovechamiento de las especies, así como una mayor facilidad en el manejo, sin embargo, si el mismo se hace de forma inadecuada, es más factible el deterioro de la pastura, resultando en un cultivo simple, de baja densidad y con mayor tendencia a enmalezarse (Carámbula, 2002).

Normalmente se promueve el uso de mezclas simples frente a las complejas, ya que éstas últimas, al estar compuestas por muchas especies con requerimientos de manejo distintos, complejizan la realización de un manejo adecuado, dando como resultado, menores rendimientos y persistencia (Blaser et al., Huston et al., Wardle et al., Carámbula, Carrillo, citados por Formoso, 2011). Esto coincide con lo mencionado por Carámbula (2002), el cual determina que dichas mezclas poseen un manejo más dificultoso, generando muchas veces, un valor nutritivo inferior a las simples por estar compuesta por especies con diferentes estados de desarrollo.

En contraparte, el deterioro de las mezclas complejas es menos probable (Carámbula, 2002).

A su vez, Daly et al., Skinner et al., Sanderson, citados por Formoso (2011), añaden que el aumento en la diversidad de especies conlleva a un incremento en la productividad, estabilidad y resistencia a la sequía de las mezclas forrajeras, así como también, una menor invasión de malezas en comparación con las mezclas simples (Sanderson, Skinner et al., citados por Formoso, 2011).

*“La diversidad de especies en mezclas puede actuar como buffer ante extremos ambientales. En este sentido la diversidad fisiológica y fenológica en comunidades complejas potencian aspectos de complementariedad entre especies y por tanto, muchas veces cuando están juntas, realizan un uso más eficiente de los recursos del suelo, agua, luz, comparativamente con comunidades compuestas por menor número de especies”* (Formoso, 2011).

Cabe destacar que, en la mayor parte de los casos, la elección de las especies que componen la mezcla tiene un mayor efecto en determinar aumentos en la producción, que la complejidad de la mezcla per se (Formoso, 2011).

Formoso (2011) menciona la importancia de complementar ciclos, con el fin de aumentar las posibilidades de ofrecer forraje todo el año.

El uso de ciclos complementarios, confiere una mejor distribución en la producción de forraje a lo largo del año, lo cual permite ampliar el período de pastoreo, como también, disminuir el enmalezamiento (Carámbula, 2002).

Zanoniani (2010) determina que el uso de dichas mezclas genera incrementos en la producción en el período otoño - invernal, y por ende, mayor

cobertura al final del verano e inicios de otoño, logrando así, una reducción de malezas, lo cual permite, disminuir la cantidad de herbicidas utilizados en el sistema.

El enmalezamiento en las pasturas está explicado fundamentalmente por el aumento de la fertilidad del suelo por el uso de fertilizantes, como también, por la fijación de nitrógeno por parte de las leguminosas, por la duración del período de reposo de las especies que componen la mezcla y por la reducción del stand de plantas durante la época estival, ya que deja espacios libres para la colonización por malezas (Carámbula, 2002).

A su vez, Hoffman y Fonseca, citados por Zanoniani (2010) explican que, la mayor cobertura estivo - otoñal mencionada anteriormente, además de tener efectos positivos en cuanto a la disminución de la erosión hídrica, permite una mejor utilización de los picos de nitratos que ocurren a principios de dicha estación.

### 2.2.1 Elección de especies

*“La elección de las especies que formarán la mezcla forrajera es decisiva tanto para su productividad, como para su longevidad. En dicha elección es indispensable considerar tres factores fundamentales: suelo, clima y propósito”* (Carámbula, 2002).

Realizar una adecuada elección de especies según su adaptación a los diferentes ambientes, ayudará a alcanzar producciones elevadas durante periodos de tiempo prolongados o lapsos más cortos pero de prevista duración (de la Vega, 2005).

Conforme Castaño, citado por de la Vega (2005), se podría definir la ubicación de las especies de acuerdo la topografía y tipo de suelo. A su vez, Mazzantti et al., citados por de la Vega (2005), destacan que la festuca y el raigrás anual son las especies que poseen mayor adaptación en un amplio rango de condiciones.

La compatibilidad desde el punto de vista de frecuencia de defoliación es un aspecto a considerar para la elección de las especies que van a componer la mezcla. En cuanto a la intensidad de la defoliación, es importante respetar las necesidades de manejo de las especies más susceptibles (de la Vega, 2005).

El manejo a realizar debe considerar las exigencias de la leguminosa, a su vez, es importante mencionar que no siempre éste es el mejor manejo para mantener el balance de los componentes de la pastura (Carámbula, 2002).



## 2.3 NITRÓGENO

### 2.3.1 Nitrógeno en el sistema

Es conocido en la mayoría de los países que el nitrógeno es el principal nutriente limitante para el crecimiento de las plantas. En los últimos años ha aumentado la demanda de dicho nutriente en el sistema, a medida que se ha intensificado la producción animal en base a pasturas. Cabe destacar que, esta situación puede traer aparejado un efecto negativo en el medio ambiente, dado que también pueden incrementarse las pérdidas de nitrógeno. Por lo tanto, es de relevancia que esta intensificación contemple un uso eficiente de este nutriente (Morón, 1996a).

*“El porcentaje de nitrógeno total en el horizonte superficial de los suelos del Uruguay ocupa un rango entre 0,1 y 0,3% y dentro de éste entre el 98 y 99% se encuentra en forma orgánica no disponible para las plantas. El resto se presenta en forma inorgánica como nitrógeno amoniacal y nitrógeno nítrico accesible para las mismas”* (Morón, citado por Carámbula, 2002).

Las dos principales entradas de nitrógeno en el sistema son la fijación biológica de nitrógeno (FBN) a través de las leguminosas y los fertilizantes nitrogenados (Morón, 1996a). Esto coincide con lo mencionado por Carámbula (2002), quien destaca la importancia de la fijación biológica como principal entrada, sin descartar la necesidad de fertilizar bajo determinadas situaciones específicas.

García et al., citados por Carámbula (2002), establecieron, para las condiciones ambientales de Uruguay, que las leguminosas obtienen el 90% del nitrógeno de la atmósfera mediante simbiosis con los rizobios, a excepción del verano y principio de otoño.

Syers, citado por Carámbula (2002) explica que *“el gran desafío consiste en determinar el balance óptimo entre el N biológico y el N del fertilizante, en las diferentes pasturas bajo las distintas situaciones que se puedan presentar en cada predio”*.

Por otra parte, existen otras contribuciones de este nutriente de menor magnitud. Dichas entradas corresponden a la mineralización del nitrógeno contenido en material vegetal no consumido por los animales (raíces y parte aérea), como también de las deyecciones animales en el área productiva. Dichos residuos pueden ser mineralizados o inmovilizados en el corto o mediano plazo. Cuanto más baja sea la relación carbono/nitrógeno o mayor sea la temperatura, más rápida será la mineralización (Morón, 1996a).

La mineralización es el proceso biológico realizado por la biomasa microbiana que habita en el suelo, donde se transforma el nitrógeno orgánico en inorgánico. Anualmente, se libera a partir de la materia orgánica en promedio entre 80 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno inorgánico (Richards, Van der Meer, Vicente-Chandler et al., Henzell, citados por Carámbula, 2002).

La magnitud de dicho proceso según Morrison, citado por Carámbula (2002), va a estar determinada por el tipo de suelo, edad de la pastura y si ésta es pastoreada o no.

El proceso por el cual el nitrógeno vuelve a su estado orgánico, no disponible, se conoce como inmovilización y ocurre por ser asimilado por la microflora del suelo y plantas para la síntesis proteica (Carámbula, 2002).

Las salidas de este nutriente son por volatilización hacia la atmósfera, lixiviación, desnitrificación, erosión, productos animales y deyecciones fuera del área productiva (Morón, 1996a).

Según Carámbula (2002), niveles muy altos de humedad promueven las pérdidas por lavado, además de deprimir el crecimiento y la actividad radical por falta de oxígeno, lo que lleva a un mayor desperdicio del nutriente y menor crecimiento de la pastura.

Smaling, citado por Morón (1996a), considera que un adecuado indicador de la sustentabilidad del uso de suelo es el balance de nutrientes. Balances negativos manifiestan la no sustentabilidad del uso de suelo en el mediano y largo plazo.

### 2.3.2 Nitrógeno en la planta

En las plantas el nitrógeno cumple un rol fundamental para llevar a cabo funciones vitales. Principalmente, se encuentra almacenado en forma orgánica, pero también, en menor medida se encuentra en forma inorgánica, mayoritariamente como nitrato (Perdomo y Barbazán, s.f.).

*“Este nutriente juega un rol esencial en el crecimiento del vegetal, ya que es constituyente de moléculas como: i) clorofila; ii) aminoácidos esenciales; iii) proteínas; iv) enzimas; v) nucleoproteínas; vi) hormonas; vii) trifosfato de adenosina. Además, el N es esencial en muchos procesos metabólicos, como por ejemplo, la utilización de los carbohidratos”* (Perdomo y Barbazán, s.f.).

Generalmente, los tejidos jóvenes de las plantas tienen una mayor concentración de nitrógeno, así como también, las leguminosas tienen mayores concentraciones que las gramíneas. El contenido de este nutriente en la planta varía entre 1 y 5%, expresado en relación a su peso seco total (Perdomo y Barbazán, s.f.).

La absorción es a partir de formas inorgánicas, mayormente en forma de nitrato y en menor medida, en forma de amonio. Si bien, ambas formas poseen la misma eficacia para sintetizar proteínas, los últimos requieren menos energía para dicho proceso, debido a que los nitratos deben ser reducidos para ser incorporados como proteínas (Carámbula, 2002).

Se conoce la preferencia de las gramíneas en estado de plántula, así como también, a bajas temperaturas, por la absorción de nitrógeno como amonio. Generalmente, no se encuentra en volúmenes importantes, lo que conlleva a que no tenga un efecto relevante en la producción de forraje (Glinski y Lépice, citados por Carámbula, 2002).

De todos modos, la inclinación de dicha especie por una u otra forma (nitrato o amonio) va a estar determinada por factores tales como medio ambiente, edad y tipo de planta (Carámbula, 2002).

En las primeras etapas de desarrollo la acumulación de nitrógeno es escasa, precedido por una etapa de activo crecimiento donde se alcanza la máxima absorción. A final del ciclo de la planta, la tasa de absorción se ve reducida. Este comportamiento se podría corresponder a una curva sigmoide. Dichas tasas, como también, la duración de estas etapas están sujetas a factores tales como especie, variedad, manejo, entre otros (Perdomo y Barbazán, s.f.).

### 2.3.3 Efecto de la fertilización nitrogenada

#### 2.3.3.1 Efecto sobre la producción de forraje

*“El rendimiento de una pastura se relaciona al nitrógeno total del suelo, el cual incluye: el nitrógeno de la descomposición de la materia orgánica del suelo, el nitrógeno del fertilizante aplicado y el nitrógeno devuelto por las excreciones animales”* (Richards, citado por Carámbula, 2002).

Carámbula (2002), resalta la importancia de considerar la fertilidad del suelo y el manejo del pastoreo, en cuanto a dotación y concentración del ganado, a la hora de determinar una aplicación de nitrógeno.

En producciones que exijan un adelanto y/o prolongación del período de entrega de forraje, este nutriente puede ser utilizado como estrategia para ampliar los períodos de disponibilidad de forraje (Carámbula, 2002).

Se ha demostrado que es posible elevar la producción de materia seca y así, alcanzar niveles los cuales no se han alcanzado bajo ningún otro manejo, mediante la fertilización con nitrógeno (Carámbula, 2002).

Sevrini y Zanoniani (2010), encontraron una relación significativa y positiva con el nivel de dicho nutriente y el ancho de la lámina, es decir,

mayores niveles de fertilización determinaron hojas más anchas. En contraparte, no se observó relación alguna con el número de hojas por macollo, situación a esperarse, ya que Moraes et al., citados por Sevrini y Zanoniani (2010), reportan que dicha variable es una constante genotípica.

Sobre el largo de la hoja totalmente expandida, se encontró una respuesta positiva a la aplicación de nitrógeno en invierno, la misma no se obtuvo en otoño y primavera (Sevrini y Zanoniani, 2010).

Lemaire y Gastal, citados por Sevrini y Zanoniani (2010), mencionan que el tamaño final de las hojas en gramíneas cespitosas se encuentra determinado por la relación entre la tasa de extensión foliar y la tasa de aparición foliar. Dichos autores coinciden con Wilman y Wright, citados por Colabelli et al. (1998), en que la fertilización nitrogenada no posee efectos sobre la tasa de aparición de las hojas.

Por otra parte, Marino, citado por Colabelli et al. (1998) explica que, en situaciones muy deficientes de dicho nutriente se podría observar una respuesta en dicha variable.

*“La tasa de elongación foliar en gramíneas forrajeras es la componente más importante en la determinación del crecimiento aéreo, y en comparación a los demás componentes del crecimiento, es la que mayor sensibilidad muestra a diferentes niveles de nutrición con nitrógeno”* (Gastal y Lemaire, Gastal et al., citados por Colabelli et al., 1998).

La capacidad de aumentar el número y/o tamaño de macollos son características de las gramíneas, las cuales modifican la respuesta al agregado de nitrógeno. Dicha respuesta va a estar determinada por la relación entre tallos vegetativos y reproductivos (Rebuffo, 1994).

Esto es debido a que, la capacidad de macollaje posee una fuerte variación estacional, en otoño, las plantas se encuentran en estado vegetativo, permitiendo responder a la fertilización con mayor cantidad de macollos y más grandes. Por otro lado, en primavera, las plantas inician su ciclo reproductivo, limitando la respuesta al aumento del tamaño de los órganos ya formados del tallo (Rebuffo, 1994).

Sin embargo, Whitehead, citado por Colabelli et al. (1998), destaca que dicha promoción del macollaje por este nutriente es superior en plantas aisladas que en cultivos densos. Esto es explicado por el efecto que genera el sombreado en estos cultivos, lo cual dispone una baja calidad de luz en la bases de la plantas, siendo ésta la principal limitante del macollaje (Simon y Lemaire, Deregibus y Sánchez, citados por Colabelli et al., 1998).

*“Se entiende por respuesta a la fertilización los kg de materia seca adicional que se obtienen por cada kg de nutriente agregado” (Zanoniani y Nöell, 1997).*

Según Formoso (2010), la festuca posee una respuesta lineal a la aplicación de dicho elemento en cuanto a producción de forraje.

Por otro lado, Ramage et al., Cowling, Albuquerque, Castle y Reid, Vera, Cowling y Lockyer, Cowling, Brockman, citados por Carámbula (2002), sostienen la existencia de una respuesta casi lineal con dosis de hasta 350 kg ha<sup>-1</sup>.

La respuesta al agregado de fertilizante es cada vez menor a medida que la dosis se eleva, hasta llegar a 500 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, alcanzándose un máximo donde por encima de este, no existe respuesta al agregado de fertilizante (Ramage et al., Schmidt y Tenpas, Cowling, Reid, citados por Carámbula, 2002).

*“En general, la respuesta al agregado de N es elevada a dosis bajas y en situaciones de marcada deficiencia de N disponible, disminuyendo a medida que se incrementa la dosis de aplicación. Sin embargo, en numerosas ocasiones se han observado respuestas lineales o casi lineales, donde la eficiencia es constante” (García et al., 1999).*

*“En dos ensayos bajo condiciones de pastoreo, la respuesta obtenida en fertilizaciones a fines de agosto evidenciaron respuestas lineales en primavera del orden de 29 kg MS por kg de N hasta dosis de 150 kg N ha<sup>-1</sup>” (Scheneiter y Bertín, 2005a).*

A su vez Rivas (2008), sostiene que una buena eficiencia de utilización del fertilizante se logra con respuestas de 25 a 30 kg de materia seca por kg de N aplicado.

En un ensayo realizado en España, sobre una pradera mezcla, los aumentos de producción obtenidos atribuibles al aporte de N fueron variables según el año, pero siempre se mantuvieron por encima de los 12 kg MS ha<sup>-1</sup> para dosis de 40 kg ha<sup>-1</sup> (Ruiz et al., 1974).

Dumont et al., citados por Ruz y Campillo (1996), en un estudio en Chile, en praderas de gramíneas perennes, evaluaron la respuesta a la aplicación de dosis de N crecientes hasta los 200 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Se demostró que existe un aumento lineal en la producción de materia seca hasta los 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, con una respuesta de 18 kg de MS por kg de N.

A su vez, Ruz y Jahn, citados por Ruz y Campillo (1996), encontraron respuestas al agregado de N que fluctuaron entre 3 y 26,5 kg de MS por kg de N para las dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Como se mencionó anteriormente, el principal efecto de la aplicación de N es el aumento de la producción de materia seca. La calidad de la pastura no se ve modificada en gran medida, debido a que este nutriente no tiene impacto en la mayoría de parámetros involucrados en determinar la misma (Carámbula, 2002).

Si bien, Spedding y Diekmahns, citados por Carámbula (2002), aseguran que no hay evidencias de que se modifique de forma significativa la digestibilidad por la fertilización con este elemento, Prins y Van Burg, citados por Carámbula (2002) afirman que, dicha fertilización favorece el crecimiento, aumentando la frecuencia de corte y por ende, indirectamente, aumenta la digestibilidad de la pastura.

Con lo que respecta al contenido de proteínas del forraje, Undurraga (2001), Wagner, Ramage et al., Washko y Marnott, Reid y Castle, Horrell y Newhouse, citados por Carámbula (2002), aseveran que éste aumenta, al incrementar la disponibilidad del elemento en cuestión.

No obstante, Reid, citado por Carámbula (2002), afirma que las dosis necesarias para alcanzar el máximo rendimiento de proteínas son superiores a las requeridas para obtener los mayores rendimientos en materia seca.

#### 2.3.3.2 Efecto sobre los componentes de una pastura mezcla

En pasturas de gramíneas puras anuales o de larga duración, como en campo natural es de suma relevancia el N para un adecuado establecimiento y productividad, ya que no existen leguminosas capaces de realizar la fijación biológica de dicho nutriente a partir del aire y por lo tanto, aumentar su disponibilidad en el sistema (Bordoli, 1998).

No obstante, en situaciones de praderas mezclas gramíneas - leguminosas, se evalúa la aplicación bajo situaciones de siembras en chacras viejas con poco suministro del nutriente, como forma de balancear la mezcla o forzar producción en períodos críticos de oferta de forraje, como el invierno (Bordoli, 1998).

Carámbula (2002), coincidiendo con lo mencionado anteriormente, sugiere que en muchas circunstancias no es fundamental la aplicación de nitrógeno en pasturas mezcla, si se poseen poblaciones adecuadas de leguminosas. En contraparte, bajo determinadas situaciones para poder cumplir con las cantidades, así como también, con el momento del ciclo en que se requiere, es imprescindible el uso del elemento en cuestión.

*“En general se debe tener bien claro que, si las pasturas están constituidas por mezclas mixtas de gramíneas y leguminosas: la respuesta al*

*nitrógeno será menor que cuando se trata de gramíneas puras” (Whiteliead, citado por Carámbula, 2002).*

La manera más económica de proporcionar nitrógeno es incluyendo leguminosas en la mezcla, reduciendo así las necesidades del nutriente en general. Esto genera un efecto positivo en la producción de materia seca de las gramíneas asociadas, sin embargo, dicho rendimiento alcanza un tope, el cual se puede sobrepasar solo con el uso de fertilizantes (Carámbula, 2002).

*“El N puede limitar el rendimiento de pasturas mezcla. Varias pueden ser las alternativas: a) incrementar la FBN. Puede ser realizado a través del mejoramiento en productividad y persistencia de las leguminosas; b) disminución de las pérdidas. Excepto por las formas de pastoreo que permitan una distribución más uniforme, parece difícil cambiar el impacto de los animales; c) determinar el balance óptimo entre FBN y fertilizante nitrogenado en diferentes sistemas de producción” (Morón, 1996a).*

Se conoce que, el aumento de nitrógeno a través de la incorporación de leguminosas, trae como consecuencia un incremento en los requerimientos por fósforo, y en ciertas áreas también por potasio, así como también de elementos secundarios y/o micronutrientes. A su vez, se debe considerar que el incremento de nitrógeno en el suelo y la menor vida media de las leguminosas, conducen a pasturas de menor persistencia, ya que promueven la invasión por especies menos productivas pero más adaptadas (Carámbula, 2002).

Por lo que concierne a las gramíneas acompañantes, es de gran relevancia, además de utilizar las especies más adecuadas para cada sistema, realizar un manejo estratégico el cual permita hacer un uso más eficiente del nitrógeno y agua, fundamental para alcanzar altas producciones primarias y secundarias (Carámbula, 2002).

La contribución de las especies de la mezcla en la producción total va a depender de la fertilidad del suelo. En suelos con baja disponibilidad de nitrógeno, el rendimiento va a estar determinado por la contribución de las leguminosas que componen la mezcla. Por otro lado, en suelos naturalmente fértiles, dicho rendimiento va a estar determinado por ambos componentes, ya que generalmente se encuentran balanceados (Carámbula, 2002).

Bautes y Zarza, citados por Carámbula (2002), registraron un aumento más rápido de las gramíneas en suelos con mayor fertilidad, concluyendo de esta forma, que la fertilidad potencial de los suelos es la que establece la composición de las pasturas.

Se ha demostrado que, cuando gramíneas y leguminosas crecen juntas, existe poca competencia por nitrógeno entre ellas, dado que dicho nutriente proviene de fuentes diferentes. Las primeras, absorben casi por

completo el nitrógeno mineral del suelo, y las segundas lo obtienen, a través de la fijación biológica (Carámbula, 2002).

García (1994), Morón (1996a), Carámbula (2002) concuerdan que, por tonelada de materia seca producida por parte de las leguminosas en general, ingresan al sistema aproximadamente 30 kg de N.

Sin embargo, Carámbula (2002) menciona que, la forma de liberación de dicho nutriente es variable según el tipo de leguminosa que se considere. Este comportamiento se observa en mezclas con una leguminosa y una gramínea de rápido crecimiento, como el raigrás. En trébol blanco, la liberación ocurre de forma más rápida, generando un follaje importante de raigrás de color verde oscuro, mientras que en lotus, por la presencia de taninos, presenta una liberación más lenta, determinando así, una menor población de la gramínea y de color verde claro.

*“En pasturas mezclas el N fijado vía FBN es transferido a las gramíneas por dos vías: a) a través del pastoreo animal, donde el nitrógeno retorna vía heces y orina; b) por excreciones radiculares y por descomposición microbiológica de las raíces de las leguminosas”* (Morón, 1996a).

Los factores primarios que regulan la FBN en el componente leguminosa de las pasturas mezcla, son: nivel de N mineral en el suelo, la persistencia y productividad de la leguminosa y la competencia de las gramíneas asociadas. Existen otros factores que interaccionan con estos, como la humedad, acidez, nutrición, plagas y enfermedades (Ledgard y Steele, citados por Morón, 1996a).

Como se mencionó anteriormente, la disponibilidad de nitrógeno mineral en el suelo es uno de los factores que regulan la fijación biológica del nutriente. Esto se explica por los requerimientos energéticos de los diferentes procesos de obtención de N. La absorción de este, tiene menor demanda de energía en la planta, que el necesario por las bacterias para lograr reducir el N atmosférico. Por lo tanto, cuando hay alta disponibilidad de N en el suelo, la FBN puede verse reducida e incluso inhibida. Esta situación puede observarse en suelos los cuales han recibido altas dosis de fertilización nitrogenada o de estiércol (Rabuffetti, 2017).

Esto concuerda con lo mencionado por García et al. (1994), Morón (1996a), quienes indican que la disponibilidad de nitratos y amonio en el suelo, como también su utilización por parte de las leguminosas, pueden inhibir la acción de la nitrogenasa.

Marschner, citado por Morón (1996a), evaluó el efecto en la instalación de la simbiosis, de la disponibilidad de N derivado del suelo y/o fertilizante en la FBN. Con baja disponibilidad de N en el suelo, la mayor parte de este nutriente



proviene de la FBN, por lo contrario, con moderada disponibilidad, disminuye el porcentaje de N que proviene de la FBN, pero se maximiza la cantidad absoluta del nutriente proveniente de esta.

Rabuffetti (2017), menciona la necesidad de aplicar una fertilización starter con N en leguminosas. Concluyendo así, que en suelos de baja fertilidad inicial, dosis pequeñas o moderadas ( $15$  a  $20 \text{ kg ha}^{-1}$ ) podrían favorecer el crecimiento inicial del cultivo, fundamentalmente, en condiciones de frío o humedad excesiva.

Por otro lado, Ledgard, citado por Morón (1996a), determina que en situaciones de pasturas mezclas de trébol blanco y raigrás la aplicación de hasta  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$  no presentó reducciones importantes en la FBN.

Sin embargo, González (1984), destaca que la fijación de N está inversamente afectada por la aplicación de dicho nutriente. Con aplicaciones de  $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$  disminuye el contenido de trébol en la pradera cerca de un 45 - 60%, lo cual conlleva a una reducción de la FBN de alrededor del 20 - 30%.

Para no perder la capacidad competitiva de las leguminosas, es importante realizar un manejo que no implique un aumento excesivo en la disponibilidad de nitrógeno, ya que en caso de ocurrir, lleva a una pérdida del stand de plantas de dicha especie, pudiendo verse afectada la calidad de la pastura y el producto animal (Ledgard y Steele, citados por Morón, 1996a).

*“En Balcarce, en una pastura de raigrás perenne - trébol blanco, luego de una fertilización con 0, 50, 100 y 150  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrógeno, en primavera, se produjo una disminución en el contenido de trébol, llegando, en enero, al 64, 38, 25 y 10% respectivamente”* (Escuder y Cangiano, citados por Cangiano et al., 1996).

*“En general, es aceptado que en pasturas con un alto porcentaje de gramíneas, la fertilización con dosis elevadas de N ( $150 - 200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) ocasiona una disminución del contenido de leguminosas en la pastura”* (Scheneiter y Bertín, 2005a).

Asimismo, es conocido el efecto a largo plazo de la FBN, la cual generalmente conduce a un aumento del nivel de N del suelo, dominancia de la gramínea, determinando una reducción del proceso mencionado (Morón, 1996a).

### 2.3.3.3 Efecto sobre la producción animal

El N es integrante de muchos compuestos esenciales del organismo: aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas, cofactores, entre otros, siendo fundamental en el metabolismo de los seres vivos (Acosta, 1994).

*“La proteína es un macro nutriente requerido tanto para mantenimiento como para crecimiento, reproducción o lactación. En cualquier sistema productivo solo la energía es requerida en mayor cantidad que la proteína”* (Chalupa y Ferguson, citados por Acosta, 1994).

El N es aproximadamente el 2,4% del peso vivo, tanto en vacunos como en ovinos. Sin embargo, las cantidades del nutriente que se exportan en producto animal son moderadas a bajas, esto se deduce debido a que la leche posee valores de 0,53% mientras que la lana de 11,4%. Como mínimo el 72% del N consumido retorna al sistema en orina y heces, cuando la dieta es rica en N, la principal vía de retorno es la primera (Morón, 1996a).

El tipo y dotación animal, como también, los sistemas de pastoreo utilizados, son los que determinan el área influenciada por las deyecciones. Una característica general del ciclo del N, es la baja eficiencia del reciclaje bajo pastoreo, ya que la mayor parte del N ingerido por los animales retorna a pequeñas áreas (Ball y Ryden, Stelle, citados por Morón, 1996a).

Esto coincide con La Manna, citado por Acosta (1994), quien destaca las elevadas proporciones de nitrógeno reciclado, así como también, su mala distribución, enfatizando en la importancia de poseer estructuras y sistemas de manejo de estos efluentes orgánicos, con el fin de mejorar las posibilidades para su uso productivo y reducir sus efectos contaminantes.

*“Mientras que el N contenido en la orina es principalmente urea, lo cual lo hace rápidamente disponible; el N orgánico contenido en las heces es lentamente mineralizado debido a contener una alta proporción de material fibroso no digestible, celulosa, hemicelulosa y lignina”* (Morón, 1996a).

De igual modo, Milchunas et al., Sherlock y Goh, Jarvis et al., citados por Baethgen (1996), explican que el N de la orina también sufre los procesos de pérdida: desnitrificación y lavado de nitratos, y volatilización del amoníaco.

Del total del N aportado en la orina, generalmente entre un 5 y 30% se pierden en forma de gas (Baethgen, 1996).

Cabe destacar que la fertilización con N permite una mayor disponibilidad de forraje a fin de otoño y principios de invierno, brindando la posibilidad de utilizar una mayor carga animal sin verse afectada la ganancia individual, y por ende, hacer una utilización más eficiente de los excedentes de forraje, que generalmente ocurren en primavera (Scheneiter y Bertín, 2005a).

Daniel y Morton et al., citados por Bemhaja (1994), dedujeron que el agregado de fosfato diamónico a largo plazo, desde otoño a temprano en primavera, conlleva a un aumento en producción de forraje, permitiendo incrementar la performance animal por cabeza y la carga animal sin suplementar.

A la hora de fertilizar, se debe contemplar que dosis medias a altas, en determinadas circunstancias, pueden generar altas concentraciones de nitratos en planta. Al ser éstas consumidas por el ganado, pueden determinar altas concentraciones de nitritos en rumen, que en el caso de pasar a la sangre, provocan carencia de oxígeno en los tejidos, intoxicación por nitritos, pudiendo incluso causar la muerte del animal (Pigurina y Banchemero, citados por Formoso, 2010).

Según Mieres y La Manna, citados por Formoso (2010), concentraciones superiores a 2.300 ppm son potencialmente tóxicas para el ganado. Dichas concentraciones son promovidas por alto suministro de N y condiciones de estrés ambiental, las cuales enlentecen las tasas de crecimiento vegetal, tales como: baja luminosidad, frío y períodos secos.

#### 2.3.4 Factores que modifican la respuesta a la fertilización nitrogenada

##### 2.3.4.1 Efecto del momento de aplicación

La respuesta a la fertilización está determinada por la demanda de nutrientes de la pastura y la oferta por parte del suelo (Scheneiter y Bertín, 2005a).

En cuanto a la demanda, en primavera es cuando existen las mayores tasas de crecimiento, por lo que, en pasturas con un alto porcentaje de gramíneas, entre el 50 y el 60% de la acumulación anual de forraje, ocurre en dicha estación. Otoño es la otra estación que posee las condiciones adecuadas para el crecimiento, pero las tasas son inferiores a la primavera por la ausencia del pasaje al estado reproductivo (Scheneiter y Bertín, 2005a).

Sobre la oferta del nutriente, desde fines de primavera hasta principios de otoño ocurren las condiciones más favorables para la mineralización de la materia orgánica, aumentando la disponibilidad de formas asimilables de N en comparación con el resto del año (Scheneiter y Bertín, 2005a).

De lo mencionado anteriormente, se desprende que la mayor demanda de nutrientes, a principio de primavera, se corresponde con el período de baja disponibilidad de formas solubles de N. Por ende, la fertilización nitrogenada a final del invierno y principios de primavera tengan altas respuestas en pasturas con base gramíneas. Aplicaciones tardías en primavera son menos eficientes, llegando a aumentar las pérdidas por volatilización (Scheneiter y Bertín, 2005a).

En otoño, se deberían evitar dosis altas, dado que las tasas de crecimiento de las pasturas son inferiores que en primavera y hay más oferta de N en el suelo, que al final de invierno principio de primavera (Scheneiter y Bertín, 2005a).

Esto coincide con lo citado por García et al. (1999), quienes explican que el momento crítico en cuanto a la disponibilidad de N para la pastura es el período invierno - principio de primavera, por lo que, fertilizaciones en dicho período registrarían importantes respuestas. Aplicaciones más tardías tendrían como resultado una menor eficiencia de uso del N aplicado. Como contraparte, aplicaciones más tempranas, favorecerían la producción y proporción del componente gramínea, compitiendo y reduciendo el crecimiento de las leguminosas, pudiendo verse afectado el balance gramínea/leguminosa de la pastura.

Sun et al. (2008), en un estudio en Nueva Zelanda, encontraron mayores respuestas y con menor variabilidad, en las fertilizaciones realizadas en primavera temprana y en invierno, en comparación con las de otoño. Dichos autores, concluyeron que, puede deberse a la humedad limitada y al alto nivel de N mineral del suelo, como también a la gran proporción de tréboles en dicha estación.

Por otro lado, Carámbula (2002) menciona que, cuanto más alto es el nivel de carbohidratos de la pastura, mayor es la respuesta de ésta al agregado de N. Las aplicaciones más eficientes son las realizadas temprano en el otoño, cuando se encuentra activo el proceso de macollaje, así como también, las realizadas de mediados a fines de invierno o principio de primavera, cuando crecen nuevos sistemas radiculares y la pastura empieza el alargamiento de los entrenudos.

Formoso (2010), calculó las respuestas promedio estacionales, en períodos de 90 días, a la aplicación de N en festuca. Dichas respuestas fueron máximas en otoño, 14 kg MS kg N<sup>-1</sup>, similares en primavera y verano, 12,8 y 12,6 kg MS kg N<sup>-1</sup> respectivamente, y las menores se encontraron en invierno con 8,2 kg MS kg N<sup>-1</sup>.

En gramíneas, la aplicación de N en otoño - invierno tiene un efecto positivo en el crecimiento primaveral, ya que genera un mejor macollaje invernal, y por lo tanto, incrementos en la capacidad productiva en dicha estación. Por otro lado, promueve el crecimiento y desarrollo de los sistemas radiculares, brindándole capacidad a la planta para superar los déficits hídricos estivales (Carámbula, 2002).

Según Méndez et al. (2016) en festuca, la fertilización con N en primavera incrementa la producción de forraje únicamente en el rebrote

posterior, sin embargo, la misma fertilización en otoño tuvo un efecto residual en invierno y primavera.

*“La aplicación del nitrógeno debería ser efectuada a intervalos tales, dentro de las principales épocas de crecimiento, que los efectos residuales de las fertilizaciones previas sean pequeños”* (Prins et al., citados por Carámbula, 2002).

#### 2.3.4.2 Efecto del clima

Las variables climáticas consideradas más importantes en modificar la respuesta al N son la temperatura y la humedad. Cuando la planta tiene el crecimiento o desarrollo limitado, sea por deficiencia de agua como por bajas o excesivas temperaturas, se ve afectada la absorción de N, disminuyendo e incluso impidiendo la utilización eficiente del nutriente (Carámbula, 2002).

La primavera y el otoño son las estaciones que ofrecen las mejores condiciones ambientales en la región para la producción de materia seca. Si en dichas estaciones, las temperaturas son más bajas de lo normal, puede verse reducido de forma importante el crecimiento de las pasturas y, por ende, sus rendimientos. Sumado a esto, la deficiencia de agua y el mal drenaje son factores que también tienen un efecto negativo en la respuesta al N de las gramíneas (Carámbula, 2002).

En cuanto a las precipitaciones, cuanto más uniformemente estén distribuidas, mejor será el efecto (Carámbula, 2002).

Sun et al. (2008), aluden a la importancia de la temperatura y contenido de agua en el perfil, tanto por exceso como por déficit, así como también de otros factores, en cuanto al contenido de nitratos del suelo y por lo tanto, a la respuesta al agregado de fertilizante nitrogenado.

Temperaturas de suelo inferiores a 4°C, no permiten el crecimiento de las especies templadas, por lo tanto, no se espera una respuesta a la fertilización nitrogenada. Con temperaturas entre 4 - 10°C, la mineralización de N orgánico no es la suficiente para proporcionar N para el crecimiento de las plantas, tomando relevancia la fertilización (Sun et al., 2008).

A bajas temperatura de suelo, 6 - 8°C, las plantas absorben más N en forma de nitrato que de amonio, siendo más eficientes en esta situación, las fuentes nítricas en detrimento de las amoniacales (Sun et al., 2008).

Baker, citado por Carámbula (2002) observó que, mientras en un otoño y primavera, secos y fríos, la respuesta era de 5,4 y 4 kg MS kg N<sup>-1</sup> respectivamente, en las mismas estaciones, pero húmedas y calurosas, tenían respuestas de 10 y 12,7 kg MS kg N<sup>-1</sup> respectivamente.

En cambio, el uso del N aportado por las leguminosas, en comparación con el agregado en forma de fertilizante, es más independiente de las condiciones ambientales (Carámbula, 2002).

*“En este sentido, el nitrógeno cedido por las leguminosas se presentaría como más eficiente cuando por condiciones de sequía, el aportado por el fertilizante no llega a las raíces”* (Mulder, Cowling, citados por Carámbula, 2002).

Scheneiter y Bertín (2005a), mencionan el efecto que posee la fertilización nitrogenada, según el tipo de año, en la composición de una pastura mezcla. En años secos, dicho efecto, es de poca relevancia sobre la proporción de trébol blanco, ya que domina la gramínea en la mezcla por la sensibilidad al déficit hídrico, así como también, la baja capacidad competitiva de la leguminosa, frente a la festuca. Como contraparte, en años húmedos y veranos frescos, la fertilización con N puede tener un efecto negativo en el contenido de trébol blanco.

Es importante aplicar la fertilización en el momento adecuado para evitar pérdidas por volatilización y lavado, las pasturas deben estar en activo crecimiento, por lo tanto, deben ser favorables las condiciones de temperatura y agua (Rivas, 2008).

Cuando se realiza una aplicación de fertilizante amoniacal a altas temperaturas, se incrementan las pérdidas (Rivas, 2008).

#### 2.3.4.3 Efecto de los factores edáficos

El N posee una dinámica móvil en el suelo, por lo tanto, no existen mecanismos de almacenamiento en estos, en formas inorgánicas. Al ser requerido en grandes cantidades, se vuelve cada vez más limitante, por ende, la respuesta a la fertilización es mayor (Rabuffetti, 2017).

La eficacia del agregado de fertilizante nitrogenado va a estar dada por la movilización del nutriente en el suelo, por lo tanto, los suelos con altos niveles del nutriente van a tener una respuesta menor a la obtenida en suelos pobres. A su vez, para alcanzar los mejores resultados, se debe considerar que la disponibilidad de otros nutrientes no sea limitante (Carámbula, 2002).

De este modo, Quiroga y Ormeño, citados por García et al. (1999), concluyeron que los altos contenidos de nitratos en el suelo, aumentan el rendimiento de las pasturas sin fertilizar y disminuyen la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado.

*“En experimentos de respuesta a N en trigo, en suelos de La Estanzuela bajo rotación de cultivos y pasturas, se ha observado que con un*

*nivel de N-NO<sub>3</sub> menor a 15 ppm a la siembra en los 0 - 40 cm de profundidad, <10 ppm en los 0 - 20 cm, la probabilidad de encontrar respuesta a N es muy alta y de magnitud considerable, si no existen otros factores limitantes. Con 16 a 25 ppm de N-NO<sub>3</sub> en los 0 - 40 cm, 10 a 16 ppm en los 0 - 20 cm, es probable encontrar respuesta a N pero de menor magnitud; con 26 a 35 ppm de N-NO<sub>3</sub> en los 0 - 40 cm, 17 a 23 ppm en los 0 - 20 cm, aún hay probabilidad de encontrar respuesta, pero puede no ser económicamente significativa, y con una concentración de N-NO<sub>3</sub> mayor a 35 ppm en los 0 - 40 cm, > a 23 ppm en los 0 - 20 cm, es poco probable que haya respuesta significativa a N<sup>o</sup> (García, 2004).*

#### 2.3.4.4 Efecto de la especie tratada

Mayor será la respuesta al agregado de fertilizante, cuanto mayor sea el potencial de producción de las especies que componen la pastura (Pezo y García, 2018).

Según Rebuffo (1994), la respuesta de la pastura está fundamentalmente determinada por la población de gramíneas y su capacidad de crecimiento. En Uruguay, las leguminosas representan entre el 30 y el 80% del rendimiento, dependiendo de la edad de la pastura y estación del año. Cuando dicha especie domina el tapiz, no se esperan respuestas importantes.

Coincidiendo con lo mencionado anteriormente, Sun et al. (2008), afirman que las leguminosas y gramíneas tienen respuesta diferencial al agregado de N, por lo tanto, la composición de la pastura afecta dicha respuesta. A su vez, la aplicación del nutriente, modifica la composición de la pastura a favor de la segunda.

Algunas especies gramíneas pueden responder al agregado de N mejor que otras, esto se corresponde con lo explicado por Carámbula (2002), en que generalmente, las especies anuales tienen una mayor respuesta que las perennes, a la fertilización nitrogenada. A su vez, dentro de cada grupo, existen comportamientos diferentes.

Chiara, citado por Carámbula (2002) *“constató en anuales una mayor respuesta por parte del raigrás frente a la avena”*.

Schmidt y Tenpas, Cowling y Lockyer, Colman, citados por Carámbula (2002), encontraron una mejor respuesta al agregado de nitrógeno en dactilys y raigrás perenne, en comparación con otras especies, también perennes.

Cuando se aplican dosis no limitantes de N, las diferencias entre diferentes genotipos, especies y cultivares, son pequeñas, en comparación con las obtenidas al aplicar dosis bajas del nutriente (Lemaire y Salette, Salette, citados por Carámbula, 2002).

Es conocido que las especies subtropicales y tropicales tienen una magnitud de respuesta al agregado de N mayor que las especies templadas, explicado por poseer un mayor potencial de producción de materia seca (Carámbula, 2002).

Morrison, citado por Carámbula (2002), adjudica este comportamiento a que las primeras tienen ciclos de crecimiento más largos y generalmente crecen bajo condiciones ambientales muy favorables, permitiendo una utilización del nutriente más eficiente, logrando responder a dosis mayores a los 1000 kg N ha<sup>-1</sup>. Las especies templadas, logran su mayor rendimiento con 500 kg ha<sup>-1</sup> del nutriente.

Cabe destacar a su vez, de acuerdo Rabuffetti (2017), que aún para un mismo cultivo y variedad, la eficiencia de uso puede variar según su destino, producción de grano o forraje, debiéndose a que la cosecha se realiza en momentos diferentes del ciclo vegetativo.

#### 2.3.4.5 Efecto del pastoreo

El rol que cumplen los animales y el manejo que se realice, es de gran importancia, ya que parte del N removido por los mismos, se reincorpora al suelo a través de las deyecciones, heces y orina, junto con los restos vegetales, pero de manera ineficiente (Risso, 1994).

Richards, citado por Carámbula (2002), coincide con lo mencionado por Lantinga et al. (1987) en que, la respuesta de la pastura a la fertilización varía al intervenir el animal. Esto se debe al efecto beneficioso del retorno del N a través de las deyecciones, y el efecto adverso del pisoteo sobre el suelo y plantas.

A su vez, Lantinga et al. (1987) exponen que, el impacto de los efectos negativos mencionados anteriormente, se incrementa con el aumento de los niveles de fertilización.

Carámbula (2002) concluye que, para lograr una utilización completa del fertilizante, y así, una producción de materia seca de gran calidad y en forma continua, se recomienda bajo pastoreo, la aplicación de dosis medias a bajas bien distribuidas.

Cabe destacar, que a largo plazo, el N de las heces contribuye significativamente al aumento del contenido de N del suelo. A su vez, da como resultado, un nivel de mineralización neta que aumenta gradualmente (Lantinga et al., 1987).

Por otro lado, el efecto positivo de la orina se destaca especialmente en períodos secos. En esta situación, el N se presenta principalmente en forma de



urea, para luego, mediante una rápida hidrólisis, transformarse en sales de amonio en el suelo (Lantinga et al., 1987).

Sin embargo, Haynes y Williams, citados por Pezo y García (2018), mencionan que, apenas un 20 - 23% del N depositado por la orina se logra convertir en nitratos.

### 2.3.5 Efecto residual

Es importante considerar el efecto residual de las fertilizaciones con nitrógeno en otoño-invierno en los rendimientos de primavera - verano de las praderas mixtas (Rebuffo, 1994).

Rebuffo (1994), en mezclas de avena y raigrás encontró en primavera respuestas residuales de  $0,71 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , similar a la respuesta invernal. En contraparte, en las pasturas mezclas no se observaron efectos residuales, ya que si bien la producción de las gramíneas anuales aumentó al agregar N, las leguminosas disminuyeron su producción en igual medida. Éstas en primavera, componían un 50 - 75% en las pasturas sin N, al fertilizar con el nutriente en cuestión, disminuían a un 40 - 60%. En verano, no se observó efecto residual.

En cambio, Formoso (2010), considerando una pastura de gramíneas pura, encontró un efecto residual del N aplicado en invierno, en la primavera, donde la producción aumento  $5,5 \text{ kg MS}$  por cada  $\text{kg}$  de N aplicado en invierno.

A su vez, también se observó un efecto residual pero de menor magnitud, de las fertilizaciones de otoño, en invierno, donde la producción aumentó  $1,8 \text{ kg}$  de MS por  $\text{kg}$  aplicado en otoño (Formoso, 2010).

*“Por lo que, se podría concluir que las aplicaciones de nitrógeno en otoño e invierno aumentaron linealmente la producción de forraje por efecto residual en la estación siguiente, invierno y primavera respectivamente”* (Formoso, 2010).

Chaves et al. (2020), llevaron a cabo un estudio en pasturas de Mombaça, Brasil donde se evaluó el efecto residual de distintas dosis de N ( $100, 200, 300 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en la estructura y valor nutritivo del forraje, así como también, en la producción animal. Al suspender la aplicación de N luego de tres años de fertilización, se manifestaron efectos residuales en la estructura de la pastura y en el rendimiento de ganado de carne en comparación con una pastura sin fertilizar. De todos modos, dichos autores concluyeron que este efecto no compensa la fertilización, ya que observaron una reducción de la tasa de acumulación de forraje de un 50% en promedio, generando una reducción del 55% en la productividad animal, en comparación con los años fertilizados.

Sin embargo, Ramírez (1974), menciona que después de suspender la aplicación de N, durante el primer año se mantiene suficiente N residual en el

sistema para lograr una producción de forraje cercana a la máxima. A partir del segundo año, dicho efecto se reduce.

A su vez, Rabuffetti (2017) plantea que, luego de una pastura gramínea, los efectos residuales son escasos o nulos, debido a que el N aplicado a la pastura es absorbido casi de forma completa en el período de activo crecimiento de esta. Así mismo, dosis muy altas pueden resultar en concentraciones de nitratos en la pastura tóxicas para el ganado.

Conforme Ramírez (1974), Ruiz et al. (1974), el efecto residual del N aumenta cuando las precipitaciones son menores.

*“No se debe olvidar que la magnitud de la respuesta residual de una fertilización nitrogenada dependerá del nivel de nitrógeno aplicado y de la fecha de la primera cosecha del forraje por corte o pastoreo”* (Hunt, citado por Carámbula, 2002).

Rabuffetti (2017) cita que, aún bajo condiciones de suelo, clima y manejo que promuevan cierta residualidad, ésta solo va a tener significación agronómica en el cultivo siguiente, disminuyendo sensiblemente en los años posteriores. Esto es debido a que, además de las posibles pérdidas por lavado, desnitrificación o volatilización, el nitrógeno de los fertilizantes no utilizado comienza a conformar los compuestos estables de la materia orgánica del suelo, disminuyendo gradualmente su asimilabilidad para los cultivos.

Por otro lado, Morón (2004) destaca la importancia de la inclusión de pasturas mezcla, gramíneas perennes y leguminosas, dado el efecto positivo que poseen en rotaciones con cultivos, en cuanto al balance y dinámica del C y el N del suelo.

Quincke et al. (2019) encontraron que, los sistemas que rotaban con pasturas permanentes que contenían leguminosas, lograban rendimientos de cultivos los cuales no eran alcanzados en el resto de sistemas únicamente con el agregado de fertilizante.

De la misma manera que el fertilizante nitrogenado genera un efecto residual, la FBN generada por las leguminosas de las pasturas mezcla, también posee cierta residualidad en el cultivo inmediatamente posterior, este efecto disminuye en los siguientes cultivos (Rabuffetti, 2017).

Es conocido que, una producción en torno a 25 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca de leguminosa fija 1 kg de N en el suelo. Por tanto, rendimientos aproximados a 12,5 Mg ha<sup>-1</sup> en materia seca de la parte aérea de dicha especie, en el ciclo de la pastura mezcla, incorporarían promedialmente cerca de 500 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N en la capa arable (Morón et al., 1994).

*“Información generada en La Estanzuela indica que en suelos de textura media a pesada del litoral oeste, un cultivo de trigo puede, luego de una*

*buena pradera de alfalfa, encontrar disponible 150 a 180 kg N ha<sup>-1</sup> para su crecimiento” (Rabuffetti, 2017).*

Coincidiendo con lo mencionado anteriormente, García, citado por Sawchik (2001), trabajando en ensayos de respuesta al suministro de N en el cultivo de trigo bajo laboreo convencional, concluyó que los trigos sembrados inmediatamente a la roturación de la pastura, requerían dosis óptimas sustancialmente inferiores.

Dicha autora, estimó que la capacidad de suministro de dicho nutriente para el cultivo de trigo puede variar de acuerdo el antecedente de la chacra, entre 25 - 40 kg de N ha<sup>-1</sup> en chacras viejas y 190 kg de N ha<sup>-1</sup> cuando el antecesor es una leguminosa forrajera de buena productividad y persistencia (Sawchik, 2001).

De acuerdo Sawchik (2001), cuando se realiza laboreo convencional, a medida que se aleja del tiempo de roturación de la pastura, incrementan las necesidades de suministro de nitrógeno, debido a la disminución de la residualidad dejada por las pasturas.

En un ensayo realizado en Dinamarca por Eriksen et al. (2010), en el primer año, encontraron un efecto residual de la pastura suficiente para obviar la necesidad de la fertilización nitrogenada, pero en los años siguientes para obtener rendimientos óptimos, se requirió gradualmente más fertilizante.

Rabuffetti (2017), muestra como en un mismo suelo, cultivos de trigo de alto potencial tienen baja respuesta al agregado de nitrógeno, al ser sembrados posteriormente a la roturación de una pradera convencional no engramillada, y a su vez, como dicha respuesta toma relevancia en los siguientes años.

Por consiguiente, Sawchik (2001), hace hincapié en los beneficios que generan pasturas de buena calidad, en referencia al contenido de leguminosas, sobre el ahorro de fertilizante nitrogenado en el cultivo posterior. Estos beneficios se acentúan en los cultivos de verano, dadas las mejores condiciones de mineralización del N orgánico.

En la zona del cinturón maicero americano, Morris et al., citados por Sawchik (2001) hallaron que *“para maíces de alto potencial de rendimiento, la dosis óptima promedio luego de alfalfa era de solamente 10 kg N ha<sup>-1</sup>”*.

La duración de la pastura es otro factor que incide directamente en la residualidad del N en los siguientes cultivos (Sawchik, 2001).

Martino et al., citados por Sawchik (2001) aseveran que, en un ensayo con cultivos de trigo siguientes a la roturación de la pastura, el suministro de N fue más largo y estable en el tiempo, cuando la pastura tenía una duración de 4 años.

Por otro lado, en una pastura compuesta exclusivamente por gramíneas, se encontró un bajo rendimiento en los tratamientos sin agregado de N, pudiendo verse explicado por el efecto de la inmovilización de N por la calidad de los residuos incorporados. Sin embargo, ha de destacarse la mejora de las condiciones físicas del suelo para el desarrollo del cultivo (Sawchik, 2001).

Eriksen et al. (2010), Rabuffetti (2017), coinciden en que el efecto residual de una pradera mezcla no está dado únicamente por la disponibilidad de N, sino que es una combinación de efectos, donde inciden también la mejora en la estructura del suelo, interrupción de ciclos de enfermedades y plagas, entre otros.

## 2.4 EFECTO DEL PASTOREO

### 2.4.1 Aspectos generales

La utilización de las pasturas asume alguna forma de defoliación. Las pasturas son cosechadas varias veces por año con corte o pastoreo, lo cual, implica perder casi la totalidad de la superficie foliar interceptora de luz. Consecuentemente, la producción depende estrechamente del rebrote y de los factores que lo afectan (Davies, citado por Cangiano et al., 1996).

En términos muy generales, la defoliación determina una disminución instantánea de la actividad fotosintética y consecuentemente del nivel de energía disponible para la planta (Simpson y Culvenor, citados por Formoso, 1996). Esto se debe, a que al eliminar las hojas, el suministro de carbohidratos a las raíces disminuye drásticamente, limitando el crecimiento y la actividad de la planta momentáneamente, hasta recuperarse el área foliar (Carámbula, 2002).

El área fotosintética remanente es la que debe cubrir los requerimientos para la respiración del cultivo. Si ésta no es suficiente, resultando en un balance de carbono negativo, la planta tomará carbono de otras fuentes, reservas, para la refoliación (Cangiano et al., 1996).

### 2.4.2 Parámetros que definen el pastoreo

#### 2.4.2.1 Frecuencia

Según Perrachon (2009), la frecuencia se define como la cantidad de veces que el animal ingresa a pastorear a un mismo lugar.

Blaser, citado por Pagliaricci et al. (2002) menciona que, la frecuencia de corte o pastoreo es un factor fundamental en el manejo de la defoliación, ya

que según Brougham, citado por Pagliaricci et al. (2002), la acumulación de biomasa es favorable cuando las praderas se manejan con menor intensidad y frecuencia. Esto es debido a que los niveles de reservas de carbohidratos y el peso de la raíz se ven afectados por el manejo del pastoreo. Cuanto mayor es la frecuencia, mayor es la disminución de ambos factores, obteniéndose rebrotes más lentos por una menor capacidad de crecimiento y de este modo menor producción de forraje. Si este proceso se acentúa las plantas se debilitan y aumenta la susceptibilidad al ataque de enfermedades (Formoso, 2000). Knight, citado por Carámbula (2003), menciona también que en gramíneas perennes, cortes muy frecuentes atrasan por varias semanas la fase reproductiva.

*“El incremento en la frecuencia de pastoreo, principalmente en épocas donde las tasas de crecimiento son lentas, compromete la persistencia en el tiempo de las pasturas, deprimiendo la tasa de rebrote y sobrevivencia de plantas”* (Zanoniani, Formoso, citados por Zibil et al., 2016).

De acuerdo con Formoso (2000), el ingreso de los animales a pastorear depende del estado de desarrollo o altura de la pastura, decisión que define la frecuencia de corte o pastoreo. Esto coincide con lo mencionado por Smith, citado por Pagliaricci et al. (2002), quién además señala que la máxima acumulación de reservas se obtiene con cortes o pastoreos en floración, provocando rebrotes más rápidos, aumento en la producción de forraje y una buena densidad de plantas. Se debe tener presente que en algunas épocas del año este criterio es difícil de determinar debido a que por ciertas condiciones climáticas no se produce la floración.

*“Como factor de defoliación, la frecuencia e intensidad de pastoreo debería sincronizarse con la máxima acumulación de biomasa verde y el mínimo rastrojo compatible con la máxima tasa de crecimiento instantáneo”* (Parsons, citado por Zanoniani, 2010).

Carámbula, citado por Reinoso y Soto (2006) sugiere ingresar a pastorear cuando la pastura haya alcanzado los 25 cm de altura, sin embargo Perrachon (2009) recomienda en pasturas de festuca, lotus y trébol blanco, con el objetivo de obtener los mejores resultados en producción de forraje, ingresar a pastorear con una altura de 15 a 20 cm.

Como se mencionó anteriormente, rotaciones muy rápidas con descansos muy cortos determinan una menor producción de forraje, en tanto que rotaciones demasiado largas con mucho descanso provocan una pérdida de calidad de la pastura por madurez y mayor grado de senescencia del forraje. De este modo, los descansos deben ser relativamente largos en períodos del

año con bajo crecimiento vegetal, mientras que en épocas de alto crecimiento como primavera, éstos deben ser más cortos para que no se pierda la calidad de la pastura por encañazón. En general, el descanso en pasturas mejoradas varía entre 30 a 60 días según el tipo de pastura y la estación del año (Reinoso y Soto, 2006).

Conforme Formoso (2010), el intervalo entre utilizaciones aconsejado es de 45 días, ya que descansos de 30 días en festuca, es decir, tres cortes por estación, tiene efectos negativos en el vigor y la producción en la estación donde se aplica el manejo así como también en la o las siguientes. La disminución en la frecuencia de cortes a 45 días también posee un efecto positivo en leguminosas de porte erecto como lotus y alfalfa.

Cabe destacar, que la frecuencia de pastoreo también debe considerar la velocidad de recambio foliar de los genotipos, con el fin de aumentar la eficiencia de utilización del forraje, reduciendo así, las pérdidas por senescencia. Los genotipos de recambio foliar más acelerado, son los que deben ser defoliados con mayor frecuencia (Colabelli et al., 1998).

Finalmente, se puede concluir que la frecuencia de defoliación es una de las variables que determina el resultado productivo del sistema, al asociarse con las características genéticas de las especies combinadas (Moliterno, 2002).

#### 2.4.2.2 Intensidad

De acuerdo Perrachón (2009), la intensidad puede ser definida como la altura del forraje remanente post defoliación.

En Uruguay la productividad y persistencia de las pasturas se ve comprometida dado una excesiva intensidad de pastoreo (Saldanha et al., 2012).

Si bien, Tayler y Rudman, Anslow, Smetham, citados por Parsons y Penning (1988), asocian una defoliación severa como sinónimo de una alta eficiencia de utilización de la pastura, Carámbula (2004) afirma que cuanto mayor sea la utilización, más lento se producirá el rebrote, debido a que la mayoría de los puntos de crecimiento vegetativo son eliminados y dependerá principalmente de la formación de nuevas macollas. Esto coincide con Briske, citado por Saldanha et al. (2012), quien menciona que el rebrote se ve comprometido, ya que las plantas deben rehacer su aparato foliar con menor cantidad de reservas a partir de menor área foliar remanente y de meristemas menos diferenciados.

Es importante destacar que si bien, un manejo intenso de la pastura tiene efectos negativos sobre la producción y persistencia, un manejo aliviado muchas veces puede incurrir en un área fotosintetizante de baja calidad, por ser constituida ante todo por hojas viejas y/o parcialmente descompuestas por humedad o microorganismos (Carámbula, 2004).

Perrachón (2009) hace referencia que un pastoreo intenso significa manejar la pastura dejando un remanente menor a 2 cm, mientras que un pastoreo poco intenso deja un remanente correcto de 5 cm de altura, siendo este último manejo de mayor relevancia cuanto más frecuentes son los pastoreos.

La intensidad de pastoreo también posee un efecto sobre la estructura de la pastura. A mayor intensidad, el número de plantas por superficie se ve reducido, como también el tamaño de los macollos. La densidad de éstos aumenta dado que se mejora la relación rojo/rojo lejano (Gautier, citado por Saldanha et al., 2010), siempre y cuando la energía para la refoliación no sea limitante (Saldanha et al., 2010).

El efecto de la intensidad de pastoreo varía según el hábito de vida de la especie. Es conocido que las leguminosas y las gramíneas postradas tienen rebrotes más rápidos, alcanzando el IAF óptimo antes. Esto trae como consecuencia un rendimiento de forraje menor que las gramíneas de tipo erecto, las cuales ofrecen una mayor producción con manejos más aliviados (Carámbula, 2004).

Carámbula (1996), recomienda una intensidad de pastoreo de 2,5 cm en especies postradas y en erectas de 5 a 7,5 cm como forma de no comprometer la producción y persistencia de la pastura.

### 2.4.3 Efecto sobre la fisiología de las plantas

#### 2.4.3.1 Efecto sobre la morfología y estructura de las plantas

*“Las estrategias de las plantas para soportar o resistir el efecto del pastoreo pueden ser de dos tipos: 1) mecanismos para evitar el pastoreo, y 2) mecanismos de tolerancia al pastoreo”* (Briske, citado por Cangiano et al., 1996).

La capacidad de sobrevivencia de las especies post pastoreo, generalmente, está determinada por la combinación de los dos mecanismos mencionados anteriormente. El primero apunta a una reducción de la accesibilidad y palatabilidad con el fin de disminuir la probabilidad de que la

planta sea defoliada, mientras que el segundo hace alusión a la capacidad de rebrote de la planta (Cangiano et al., 1996).

Es conocido el efecto que ejerce la defoliación sobre las plantas, según sean las características morfo-fisiológicas de las mismas (Cangiano et al., 1996).

Chapman y Lemaire, citados por Cangiano et al. (1996) destacan que, algunas especies frente a aumentos en la presión de pastoreo expresan cierta plasticidad fenotípica, la cual lleva a cambios en la morfología y estructura de la población, para mantener de este modo, un crecimiento constante.

La adaptación al pastoreo está fuertemente relacionada con el tipo de hábito de la especie. Especies que poseen hábito erecto son las menos adaptadas, esto es debido a que pueden ser defoliadas con facilidad y casi en su totalidad. Sin embargo, especies de hábito más postrado, se adecuan más al pastoreo (Cangiano et al., 1996).

Siempre que no sea excedido el límite de plasticidad de la especie, en gramíneas la producción neta no se vería afectada por el pastoreo dado la relación inversa existente entre el peso y tamaño de los macollos. En el caso del trébol blanco, se modifica el largo de los pecíolos y el tamaño de los folíolos (Cangiano et al., 1996).

El aumento de la frecuencia de cortes da como resultado plantas de menor tamaño de entrenudos, y por ende, de hábito más postrado, resultado del proceso de adaptación morfológica a la limitación fisiológica por la menor disponibilidad de energía en la planta (Formoso, 1996).

En trébol blanco, Chapman y Robson, citados por Olmos (2004), indican que el completo desarrollo de una hoja, frente a una defoliación severa, se vería retrasado temporalmente en un 35%, dado una menor actividad fotosintética, una reducción en el largo y peso de los estolones, y por último, un aumento en la mortalidad de los mismos.

Por otro lado, Hay y Newton, citados por Olmos (2004), registraron una drástica reducción en la tasa de aparición de nudos, en el crecimiento de las yemas axilares, y un incremento en la mortalidad de las plantas.

Fisher y Wilman, citados por Olmos (2004), determinaron un menor número de puntos de crecimiento, al aumentar la frecuencia de cortes.

Singh y Sale, citados por Olmos (2004), registraron un menor número y tamaño de hojas, como también una reducción de la MS por planta bajo ese régimen.

En el caso de la festuca, el macollaje luego de una defoliación depende de la cantidad de azúcares. Si el suministro es menor a la demanda para el



crecimiento de la hoja, la planta limitará la densidad de macollos a través de una reducción en el número de meristemas activos, con el fin de mantener el crecimiento potencial de las hojas del macollo principal. En contraparte, cuando se acumula biomasa, afecta el ambiente lumínico (relación rojo/rojo lejano) en la base del macollo, provocando una desaceleración del macollaje (Davies, citado por Scheneiter, 2005b).

En lotus, Zanoniani y Ducamp (2004) mencionan que, bajo pastoreo se da el alargamiento de la altura de los entrenudos, formándose el tallo erecto, dando como resultado que el pastoreo o corte retire foliolos, como también meristemas apicales y axilares que se encuentran por encima de la altura de corte.

Un pastoreo frecuente e intenso disminuye significativamente el número de tallos, siendo el período estival la estación crítica, donde se registra la mayor muerte de tallos e incluso de plantas, evidenciando la proximidad al límite inferior de plasticidad fisiológica (Formoso, 1996).

#### 2.4.3.2 Efecto sobre las raíces

Leath et al., citados por Carámbula (2002) reportaron que *“los pastoreos o cortes muy frecuentes favorecen el desarrollo de podredumbres radiculares, como consecuencia de un deterioro progresivo de las raíces que no pueden reponer las reservas necesarias para crecimientos sucesivos”*.

*“Resulta esencial, entonces, permitir la acumulación de sustancias de reserva en la corona y raíces mediante la ocurrencia de períodos de descanso adecuados entre cortes o pastoreos”* (Leath, citado por Carámbula, 2002).

El manejo del pastoreo afecta el rendimiento de forraje así como también el peso y profundidad de las raíces en el suelo (Formoso, 2010).

Al aumentar la frecuencia de defoliación, se ve desfavorecido en mayor magnitud el sistema radicular en comparación con el rendimiento de la parte aérea. Bajo esta situación, disminuye la profundidad de arraigamiento, generando una mayor susceptibilidad al déficit hídrico, problemática que se acentúa en la época estival, disminuyendo el crecimiento y por tanto, la disponibilidad de forraje (Formoso, 2010).

En tanto, Carámbula (2003), destaca la importancia de promover sistemas radiculares amplios durante la etapa vegetativa y área foliar remanente adecuada post pastoreo estival, para no comprometer la pastura en esta etapa crítica.

Edmond, citado por Carámbula (2003), menciona la relevancia de evitar sobrepastoreos en invierno para no afectar el crecimiento de las raíces y evitar el efecto del pisoteo excesivo de los animales en el suelo, generando una compactación del mismo y por ende, una menor velocidad de infiltración del agua.

#### 2.4.3.3 Efecto sobre el rebrote

*“La maximización de la velocidad de refoliación se sustenta en un factor morfológico, el número de meristemas refoliadores, y en otro fisiológico, la disponibilidad de energía para los mismos, que son determinantes de las tasas de rebrote”* (Harris, Smethan, citados por Formoso, 1996).

El rebrote de la pastura está condicionado por tres factores: si hay eliminación o no del meristema apical, del nivel de carbohidratos en el rastrojo remanente y por último, el área foliar remanente y la eficiencia fotosintética de la misma (Cangiano et al., 1996).

Según Langer, Volenec y Nelson, citados por Formoso (1996), cuando las plantas son defoliadas, mediante un reordenamiento interno se priorizan los meristemas refoliadores, dándole mayor prioridad a los más eficientes energéticamente en desarrollar el área foliar, es decir, necesitan expansión celular y en segundo lugar, los que necesitan de actividad mitótica.

Jacques, citado por Formoso (1996), menciona la existencia de un “punto de compensación” entre la fotosíntesis y respiración, el cual permite que el rebrote inicie sin dificultades. Sin embargo, si con el área foliar remanente no se logra alcanzar, ya sea por altura o calidad de esta, se deberá recurrir a las sustancias de reserva de las plantas.

El área foliar remanente está condicionado por la intensidad de defoliación, el hábito de crecimiento de la especie, erecto o postrado, y la familia, gramíneas o leguminosas (Formoso, 1996).

A igual área foliar remanente, las especies postradas, dada la disposición de sus hojas interceptan más luz que las gramíneas cespitosas, dando como resultado una recuperación más rápida (Formoso, 1996).

En gramíneas el rebrote se da a partir de hojas que aún no han completado su desarrollo y de las hojas nuevas, desarrolladas a partir de los primordios de hojas en la yema apical. En caso de que se desarrollen otros macollos en las yemas axilares, las hojas de éstos contribuirán al rebrote (Cangiano et al., 1996).

Si el pastoreo se realiza al comienzo de la etapa de floración, donde la planta disminuye el macollaje por acción hormonal, al eliminar la yema apical se desinhibe dicha acción y las yemas axilares pueden producir nuevos macollos, pero el rebrote será más lento. Es importante considerar la intensidad de la defoliación, ya que si se trata de un pastoreo o corte moderado se remueven las partes más viejas de las hojas sin tener efecto sobre las hojas que están emergiendo dentro de las vainas, mientras que una defoliación severa puede remover toda la lámina y parte del pseudotallo dependiendo el rebrote, en este caso, del crecimiento de hojas que aún no han emergido de las vainas (Cangiano et al., 1996).

En el caso del trébol blanco, por ser una leguminosa estolonífera, los puntos de crecimiento se encuentran contra el suelo, resguardados del diente animal al encontrarse por debajo del nivel de corte, dando como resultado un rápido rebrote (Cangiano et al., 1996).

En leguminosas de porte erecto el rebrote se da a partir de las yemas de la corona o de la parte basal de los tallos, debido a que las yemas apicales se encuentran por encima de la altura de defoliación. Esta característica aumenta la susceptibilidad de estas especies al pastoreo, por los efectos negativos sobre crecimiento, producción y persistencia (Cangiano et al., 1996).

Bommer, citado por Formoso (1996), indica que las especies que poseen un área foliar remanente post pastoreo mayor son las menos sensibles a la defoliación, ya que les permite reestablecer más rápido su actividad fotosintética. Esto es cierto siempre y cuando la masa foliar remanente sea eficiente, destacando la importancia de la calidad de esta, además de la cantidad.

Como se mencionó anteriormente, en el caso de que el área foliar luego de ser defoliada o después de un período de latencia sea baja, el rebrote dependerá de las sustancias de reserva (Formoso, 1996).

Vallentine, citado por Formoso (1996), menciona la importancia de la presencia de estas, ya que permiten mantener el vigor de las plantas, así como también asegurar funciones fisiológicas básicas durante la latencia.

A su vez, favorecen a los rebrotes tempranos y rápidos post períodos de latencia o pastoreos intensos, y en leguminosas tienen un efecto positivo sobre la nodulación (Formoso, 1996).

Harris, citado por Formoso (1996), señala que el efecto benéfico de las sustancias de reserva se maximiza bajo situaciones climáticas extremas como temperaturas bajas, altas o sequías.

Según Brown y Blaser, citados por Formoso (1996), si las condiciones son favorables para un rebrote rápido, estas sustancias no se acumularían.

Se sugiere que la intensidad y frecuencia de los cortes o pastoreos tienen distinto efecto de acuerdo a las condiciones ambientales en que se llevan a cabo, factor crítico que determina los niveles de sustancias de reservas. Cuando se reduce el crecimiento más que la fotosíntesis, frente a condiciones ambientales tales como temperaturas bajas, deficiencia de humedad en el suelo o carencia de nitrógeno, hay una rápida acumulación de reservas (Formoso, 1996).

Alberda, citado por Formoso (1996), demostró que las reservas son inferiores en plantas que crecen con altas cantidades de nitrógeno, debido a que éste activa su movilización. A su vez, Bommer, citado por Formoso (1996), menciona que este nutriente podría generar un efecto compensatorio al promover el crecimiento de las raíces y una mayor absorción por estas, así como también, ser sustrato para la respiración.

Por el contrario, no hay acumulación de reservas cuando se promueve el crecimiento, y la demanda por metabolitos es mayor que la fotosíntesis, situación que se presenta frente a condiciones climáticas favorables al reinicio del crecimiento, como también durante el mismo y presencia de nitrógeno (Formoso, 1996).

May, citado por Formoso (1996) afirma que, no existe evidencia de un efecto adicional cuando los niveles de sustancias de reserva son elevados, con que haya cantidades moderadas son suficientes para proveer energía para el rebrote.

#### 2.4.3.4 Efecto sobre la utilización del forraje

De acuerdo Hodgson y Poppi et al., citados por Montossi et al. (1996), la productividad animal queda determinada por el consumo y selectividad bajo pastoreo. Ambos procesos según Hodgson, citado por Montossi et al. (1996), también tienen importancia fundamental en la eficiencia global de los sistemas pastoriles. Entender y conocer las relaciones entre animales y pasturas es fundamental para maximizar la producción animal en este tipo de sistemas.

Estas interacciones se dan a través del efecto de los animales en la utilización, composición, rebrote y persistencia de las pasturas bajo pastoreo, el efecto de las características de las pasturas y la estructura de éstas sobre el comportamiento, consumo, y la producción animal (Montossi et al., 1996).

Según García (1995a), en el manejo y utilización de las pasturas, generalmente se hace referencia a la disponibilidad (cantidad de forraje que

posee una pastura en un momento determinado por hectárea o por animal) y producción de forraje (cantidad de forraje por hectárea que se produce en un lapso de tiempo).

*“La utilización de la pastura depende de la frecuencia y severidad de defoliación así como también de las características estructurales de la pastura. Cuando el intervalo de defoliación es superior a la vida media foliar, una mayor proporción del material verde producido puede perderse por senescencia y la diferencia entre la producción primaria y la producción cosechable aumenta. Por esto el programa de manejo (frecuencia y severidad de defoliación) interactúa con la morfogénesis y las características estructurales de la pastura para determinar la fracción cosechable de la misma”* (Chapman y Lemaire, citados por Brancato et al., 2004).

*“Esto es importante para establecer estrategias de pastoreo, considerando el intervalo de aparición foliar y el número de hojas vivas por macollos y teniendo en cuenta el tiempo de descanso óptimo, para cada especie en particular”* (Brancato et al., 2004).

Aumentar la oferta en base a un aumento de la superficie a pastorear por día equivale a disminuir la carga animal, lo cual lleva a una menor utilización del forraje, pudiendo llegar a disminuir la producción por hectárea (Cangiano et al., 1996).

*“En una pastura con índice de área foliar alto, el crecimiento y la fotosíntesis se mantienen cercanos al máximo, pero eso implica una eficiencia de utilización muy baja y, por ende, grandes pérdidas por senescencia”* (Cangiano et al., 1996).

Según Smetham, citado por Cangiano et al. (1996), el incremento de la presión de pastoreo conlleva a un aumento en la eficiencia de cosecha del forraje. A su vez, trae como consecuencia una reducción en el índice de área foliar, y por ende, una cantidad menor de luz interceptada, generando una disminución en la eficiencia de producción de forraje.

Cabe destacar, que por encima de los 4 - 5 cm de altura el porcentaje de utilización de la pastura es mayor que en los estratos inferiores (García, 1995a).

Los animales en pastoreo expresan la selectividad, prefiriendo determinados tipos de vegetación de mayor calidad para poder cubrir sus requerimientos alimenticios, esto conlleva a que en un mismo potrero las diferentes comunidades vegetales poseen distintas utilidades (McNaughton, citado por Carámbula, 2002).

Con el objetivo de obtener la mayor producción por hectárea, se debe evitar cargas muy altas, las cuales realicen intensas defoliaciones, reduzcan el crecimiento de la pastura y afecten las ganancias individuales de los animales. Contemplando, a su vez, que sean las adecuadas para obtener altas eficiencias de cosecha, evitando las pérdidas de forraje por senescencia (Cangiano et al., 1996).

#### 2.4.3.5 Efectos sobre la composición botánica

El método de pastoreo y el manejo de la frecuencia e intensidad de defoliación interactúan con el crecimiento estacional de las especies que componen la pastura, posibilitando el control de la composición botánica de la misma (Cangiano et al., 1996).

Cuando una especie se encuentra en activo crecimiento realizar un pastoreo intenso y frecuente disminuye la capacidad competitiva frente a otras especies, las cuales toleran el pastoreo en forma latente o se encuentran con una menor tasa de crecimiento (Cangiano et al., 1996).

Esto coincide con Jones, citado por Barthram et al. (1999), quien reconoce que existen momentos críticos del año en los cuales el período de descanso de la pastura luego de una defoliación o pastores intensos, podrían alterar la composición botánica de la misma. Aunque éstos dependen de la especie presente, cuando se disminuye la intensidad de defoliación en momentos donde se da el máximo crecimiento o al inicio de su crecimiento activo en primavera, puede incrementar su proporción en la pastura, de lo contrario, aumentar la intensidad de defoliación puede reducir su proporción.

Cuanto más heterogénea sea la pastura más diferentes serán las condiciones de crecimiento de las especies que la componen, además de presentar distintas accesibilidades y calidad (Zanoniani, 2010).

Cuando se modifica la composición botánica se altera la distribución de la producción a lo largo del año, pero la producción total anual tiene menor variación (Cangiano et al., 1996).

Carámbula, citado por Carámbula (2003), menciona que un buen manejo no implica que las técnicas aplicadas sean las mismas para todas las especies y todo el año, sino que, es indispensable que para el manejo de las pasturas se tenga en cuenta las especies que las componen, las variaciones climáticas y los cambios morfofisiológicos que se presentan en las plantas a lo largo del ciclo.

#### 2.4.3.6 Efecto sobre la calidad

*“La frecuencia y la severidad de defoliación determinan los niveles tanto en calidad como en cantidad capaces de alcanzar a lo largo del tiempo”* (Bermúdez y Ayala, 2005).

La calidad del forraje se ve afectada por la carga animal. En el corto plazo, al aumentar la intensidad de pastoreo y por ende disminuir la cantidad de forraje ofrecido, la calidad de éste se ve favorecida (Cangiano et al., 1996).

Esto concuerda con lo encontrado por Bermúdez y Ayala (2005) quienes señalan que, al aumentar la altura o el período de acumulación de la pastura, la calidad del forraje declina. Si bien, el total de materia seca acumulado no varía con diferentes alturas de corte, el total de materia orgánica digestible y el contenido de proteína cruda incrementan de forma importante al aumentar la intensidad de defoliación.

Se ha encontrado que, a partir de los 60 días de acumulación, la proteína cruda del forraje se ve reducida (Bermúdez y Ayala, 2005).

De la misma manera, Langer, citado por Agustoni et al. (2008) explica que, el aumento de la frecuencia de cortes además de aumentar los niveles de proteína, aumenta los niveles de extracto etéreo y reduce los niveles de fibra cruda, en comparación con cortes menos frecuentes.

A su vez Agnusdei (2007) menciona el efecto que posee la intensidad de pastoreo en cuanto a las distintas fracciones de forraje ofrecido (edad de hojas y vainas), determinando que pastoreos “severos” promuevan las fracciones de mayor digestibilidad.

La temperatura es el principal factor ambiental en regular el desarrollo de los órganos de las plantas, por lo tanto, es de importancia considerarla al momento de definir un manejo. Es conocido que las altas temperaturas acortan el proceso de envejecimiento de las hojas (Agnusdei, 2007).

*“En realidad, se debe tener en cuenta que tanto el rendimiento como la calidad del forraje acumulado pueden ser controladas alterando el período de crecimiento previo a la utilización. Cuando más extenso es dicho período de acumulación, se dispondrá de más forraje pero éste será de menor calidad o en otras palabras, cuanto más corto es el período de acumulación, la oferta de forraje será menor, pero la calidad del mismo será mayor”* (Carámbula, 2003).

Al aumentar la frecuencia de defoliación, aumenta el tejido vegetal joven de crecimiento activo, por lo que es esperable, un contenido de energía metabolizable y porcentajes de N mayores. Por contraparte, con intervalos de

pastoreo prolongados y/o pastoreos laxos, incrementa la proporción de tallos y material muerto (Agustoni et al. 2008, Burggraaf et al. 2018).

Langer, citado por Agustoni et al. (2008) explica que, los cortes repetidos y aliviados, favorecen la calidad en detrimento de un menor rendimiento. Por otro lado, pastoreos poco frecuentes y severos, si bien promueven rendimientos mayores, poseen efectos negativos en la calidad.

En el largo plazo, la calidad estará determinada por si se produce o no un reemplazo de las especies sembradas por otras de menor calidad. Por lo tanto, en pasturas bajo pastoreos severos, al aumentar la carga, disminuye la calidad de la ingesta ya que se restringe la posibilidad de expresarse la selectividad por forraje de mayor calidad (Cangiano, citado por Carámbula, 2003).

Por otro lado, Hodgson, Wade, citados por Carámbula (2003) señalan que, en zonas templadas, el aumento de la carga tiene un mayor efecto en la disminución del consumo de MS que en la disminución del valor nutritivo del forraje.

Durante el año en las plantas se producen cambios morfofisiológicos, como también modificaciones en sus poblaciones, las cuales incluyen cambios en la composición botánica y en la estructura del tapiz, los que tienen efecto sobre la cantidad y calidad del forraje producido (Carámbula, 2003).

De acuerdo Formoso (1996) en gramíneas, el crecimiento de primavera ininterrumpido hasta floración, desde el punto de vista morfogénico permite expresar el máximo potencial de crecimiento en el ciclo de la especie, ya que entran en acción un elevado número de meristemos intercalares nodales los cuales promueven la elongación. Como contraparte, esta máxima producción está compuesta por una elevada proporción de tallos, ya que dichos meristemos intercalares generan estructuras caulinares, por lo tanto, este forraje será de peor calidad. Esto coincide con Korte et al., Butlet, citados por Burggraaf et al. (2018), quienes explican que, durante el crecimiento reproductivo, el aumento en la proporción de tallo es más marcado.

El pastoreo o corte temprano y rápido de los meristemos apicales, y por ende, de los intercalares de los tallos alargados, genera la muerte de las macollas, disminución de meristemos activos por unidad de superficie y consecuentemente, pérdida de potencial de producción. Dicha pérdida se logra balancear debido a que el remanente presenta mayor cantidad de estructuras foliares de menor edad y mejor calidad, dado por una mayor actividad de meristemos intercalares de las bases de la lámina y vainas, de los meristemos axilares y de los apicales remanentes (Formoso, 1996).



Se destaca la importancia del manejo en primavera por ser la estación en que generalmente se produce un superávit de forraje, lo cual conlleva a un desperdicio exagerado de este. Bajo esta situación, el manejo ideal será concentrar el ganado en menos pasturas, es decir, aumentar la carga instantánea, contribuyendo además al mantenimiento de un forraje de mayor calidad hacia el verano (Carámbula, 2003).

Es fundamental controlar la etapa reproductiva, impidiendo que se produzca la floración total de la pastura, por lo tanto, aumentar la dotación en el inicio de dicha etapa será considerado como una práctica efectiva para favorecer la reproducción vegetativa, así como también, mantener la calidad de la pastura (Carámbula, 2003).

La espigazón podría considerarse como el límite extremo inferior de digestibilidad, la cual conlleva a un rechazo por parte del ganado (Carámbula, 2003).

*“Es en este momento que las ganancias de peso de los animales son mayores sobre leguminosas dominantes o puras, que sobre mezclas forrajeras constituidas por un buen balance gramíneas - leguminosas. Este efecto se hace cada vez mayor a medida que avanza la primavera”* (Carámbula, 2003).

Burggraaf et al. (2018) señalan que, la disminución de la calidad a medida que incrementan los intervalos de pastoreo es mayor en las gramíneas que en las leguminosas, destacando que, estas últimas logran mantener la calidad por más tiempo.

Según Mays y Washko, Taylor et al., citados por Carámbula (2003), en lotus, la disminución de la calidad del forraje a medida que avanza la maduración es más lenta, en comparación con otras leguminosas forrajeras.

Como se mencionó anteriormente, con este manejo el potencial de producción se verá afectado, sin embargo, el forraje será de mayor calidad por estar compuesto por un alto porcentaje de hojas y bajo de tallos, logrando así, un alto contenido de proteína (Carámbula, 2003).

Cabe hacer énfasis en la importancia de promover un banco de semillas en el suelo, como forma de apoyar la persistencia de la pastura en las especies anuales o leguminosas perennes de fácil resiembra natural, como trébol blanco y lotus. Por lo tanto, en algún momento deberá favorecerse su semillazón con un manejo que permita su floración y fructificación. Esto se podría llevar a cabo dejando descansar la pastura por períodos cortos de tiempo, no más de 30 - 45 días, logrando así una semillazón aunque sea parcial (Carámbula, 2003).

Por otro lado, en la mayoría de gramíneas perennes, un manejo que promueva la semillazón no tiene efectos positivos dado que estas especies no se resiembran naturalmente. Su persistencia se ve favorecida llevando a cabo manejos que favorezcan la reproducción vegetativa a través del macollaje (Carámbula, 2003).

#### 2.4.3.7 Efectos sobre la persistencia

*“Si bien es cierto que en la práctica la vida o duración de una pastura cultivada no puede ser mantenida por tiempo indefinido, lo cierto es que como norma general las pasturas de la región se pierden a temprana edad”* (Carámbula, 2002).

Las pasturas en su segundo año alcanzan su pico de producción, y a partir de este, empiezan a disminuir las especies sembradas, dejando nichos para el establecimiento de malezas (Carámbula, 2002).

La persistencia está asociada al sistema de producción, por dicho motivo, en ciertos casos el problema puede ser más importante que en otros. Siendo resultado de la interacción diferencial de los diversos factores, tales como clima, variedades, enfermedades, plagas, competencia y manejo, entre otros (García, 1992).

Siembras sobre suelos cansados, pobres o degradados, en los que la fertilización fosfatada junto con la falta de nitrógeno determinan una baja implantación de gramíneas, y por ende, un desbalance entre las especies a favor de la leguminosa (Carámbula, 2002).

Esta situación trae como desventaja una disminución de la persistencia de la pastura, ya que promueve la invasión por especies más adaptadas pero menos productivas. Esto se explica por la vida corta de las pasturas y el aumento del nivel de nitrógeno del suelo por el proceso de fijación biológica de dicho nutriente (Carámbula, 2002).

Se debe considerar que la persistencia productiva de las especies perennes se compromete cuando se realiza un manejo tal, que provoque una utilización exagerada de la mayor oferta de forraje que pueden producir dichas especies en implantación (Carámbula, 2003).

Con lo que respecta al manejo del pastoreo, de acuerdo con Formoso, citado por Carámbula (2003), un manejo erróneo del mismo en términos de frecuencia e intensidad provoca además de una disminución en la productividad anual, una disminución en la persistencia de la pastura.

Como recomendación general, a través de ensayos experimentales de manejo con diferentes especies y mezclas, este autor sugiere que para obtener las mayores producciones invernales y anuales, mejorando a su vez la persistencia productiva, las pasturas deben ser manejadas con una frecuencia de defoliación determinada por una acumulación de forraje prepastoreo en torno a 1,5 - 2,0 toneladas por hectárea durante primavera - verano - otoño. De lo contrario, cuando las frecuencias de pastoreo están dadas por acumulaciones de forraje prepastoreo en torno a 0,5 - 1,0 toneladas por hectárea, disminuyen radicalmente la productividad y persistencia de las especies, aumentando así el enmalezamiento estival, principalmente de gramilla (Carámbula, 2003).

Según Carámbula (2004), la etapa de rebrote debe ser respetada para lograr obtener una adecuada persistencia productiva, siempre y cuando la pastura esté compuesta por plantas con la capacidad de responder a defoliaciones periódicas.

El sobrepastoreo y el exceso de agua, inevitablemente afectan a las plantas, sobre todo a las perennes, cuando no se cumplen ciertos requisitos primordiales, esto determina el éxito o fracaso de la persistencia productiva de las pasturas. Los suelos que tienen mayor capacidad de retención de agua son en los que se espera una mayor persistencia productiva de dichas especies, siempre y cuando, no se produzcan excesos de humedad (Carámbula, 2004).

De acuerdo con Zanoniani (2010), con asignaciones cercanas al 6,0% se logra una adecuada persistencia en pasturas con gramíneas perennes y leguminosas sin alfalfa, bajo un manejo con un ingreso a ésta cuando alcance los 15 - 20 cm de altura o 3 hojas vivas por macollo en gramíneas y un retiro a los 5 - 7 cm.

#### 2.4.3.8 Efectos sobre las especies que componen la mezcla y su producción

En cuanto al manejo de la defoliación en festuca, MacKee, citado por Carámbula (2002), menciona que dicha especie admite defoliaciones intensas y relativamente frecuentes explicado por presentar sustancias de reserva en las raíces y rizomas cortos y que, por lo general, luego de los pastoreos, las plantas presentan áreas foliares remanentes importantes.

Burns, citado por Carámbula (2002), demuestra que con una fertilidad adecuada la especie acepta defoliaciones más o menos intensas siempre y cuando, previo al ingreso, la pastura posea una altura de al menos un 50% mayor al rastrojo que se piensa dejar.

Dicha especie debe ser utilizada de tal forma que no se permita un importante crecimiento de esta, ya que bajo esta situación, pierde apetecibilidad y digestibilidad (Carámbula, 2002).

En trébol blanco, existe una relación inversa entre las cabezuelas formadas y los meristemas axilares generadores de estolones, y por ende, de primordios foliares. Por lo tanto, si se aplica un manejo el cual potencie la floración en primavera, es esperable un menor rendimiento de forraje en el período otoño - invernal siguiente, así como también, un menor número de estolones vivos (Formoso, 1996).

Johns, citado por Olmos (2004), reporta que el incremento de la altura de corte de 5 a 9 cm trae como resultado una disminución de la proporción de trébol blanco en la pastura explicado por el aumento en el tamaño del área rechazada por los animales, incrementando el sombreado y reduciendo la ramificación de las plantas.

Por otro lado, si se realiza un manejo muy frecuente en dicha estación, la disponibilidad de energía en las plantas se verá reducida, esto combinado con períodos cálidos y secos durante el verano, determinan la muerte de meristemas apicales y axilares, afectando la persistencia vegetativa de la especie, así como también, las tasas de refoliación en el otoño siguiente (Formoso, 1996).

Cabe mencionar que, Brock et al., citados por Olmos (2004) no encontraron efecto significativo del sistema de pastoreo en la estructura de las plantas de dicha especie, y Caradus, citado por Olmos (2004) tampoco encontró efecto del pastoreo usando diferentes variedades.

En lotus, las variaciones en el forraje cosechado estacionalmente están determinadas por dos factores principales: la frecuencia e intensidad de cortes en primavera (Formoso, 1996).

Un manejo frecuente en dicha estación puede llevar a una reducción en la producción de forraje dado por el impedimento en la manifestación del potencial de alargamiento de entrenudos. Al manejarse de forma menos frecuente, la producción anual de forraje aumenta (Formoso, 1996).

Por otro lado, en otoño, si bien es la estación donde la especie acumula reservas Risso et al., Smith, citados por Formoso (1996), determinaron que el aumento de la frecuencia de cortes tiene como resultado un mayor forraje cosechado en comparación con regímenes menos frecuentes.

La condición del cultivo determina como incide la intensidad de cortes. Bajo un manejo que deteriora dicha condición, como ocurre en regímenes de corte frecuentes en verano, al disminuir la intensidad de éstos a 6 cm se mejora

la condición del cultivo y por lo tanto, se favorece la longevidad de las plantas (Formoso, 1996).

Por otra parte, con un manejo que promueva una buena condición y vigor, una baja intensidad de corte determina una menor eficiencia de utilización del forraje. En esta situación, una intensidad de 3 cm sería la adecuada (Formoso, 1996).

En una pradera mixta, la forma de mantener el equilibrio entre las especies es posible mediante el manejo, ya sea por modificar la utilización de la luz, por la aplicación de nitrógeno, así como también, por el momento del pastoreo (Carámbula, 2002).

El efecto del pastoreo en gramíneas o en leguminosas dependerá de la intensidad y momento en que se realice. Generalmente, las defoliaciones frecuentes tienen un efecto positivo en las leguminosas, mientras que las poco frecuentes, en las gramíneas. La magnitud de este efecto es mayor cuanto mayor es la intensidad de la luz en primavera y cuando la gramínea tiene mayor altura, fundamentalmente en floración (Carámbula, 2002).

Existe cierta interacción entre la aplicación de nitrógeno y la frecuencia de pastoreo, donde dosis bajas de dicho nutriente combinadas con pastoreos frecuentes promueven a las leguminosas, mientras que dosis altas de éste en conjunto con pastoreos poco frecuentes favorecen a las gramíneas (Carámbula, 2002).

A modo de síntesis, Carámbula (2002) propone, para lograr un adecuado equilibrio entre gramíneas y leguminosas, altos niveles de nitrógeno en el suelo junto con un manejo de pastoreos frecuentes.

#### 2.4.3.9 Efecto sobre el desempeño animal

*“El nivel de producción animal en un sistema pastoril, es una medida integrada de la eficiencia de tres procesos diferentes: producción de forraje, utilización por los animales del forraje producido y conversión del forraje consumido en producción animal”* (Cangiano et al., 1996).

Mc Meekan y Walshe, White, citados por Kloster et al. (2003), señalan que la carga animal, y en menor medida, el sistema de utilización del forraje, son los principales factores de manejo del pastoreo que definen la productividad individual, así como también, por unidad de superficie en los sistemas de producción ganaderos.

El consumo es un factor determinante en la producción animal. Éste está condicionado por características de la pastura, como también de los

animales. El componente pastura puede ser expresado en términos de cantidad de forraje disponible, ya sea por animal o por hectárea, y en términos de carácter del mismo, incluyendo factores que afectan la calidad potencial y la forma de presentación del forraje al animal (Cangiano et al., 1996). Esto coincide con Arnold y Dudzinski, Sharrow, Allison, citados por Jung y Salhu (1989), los cuales determinan que el consumo de forraje posee correlación con la disponibilidad de éste y con su calidad nutricional.

La asignación de forraje y la condición de este, son interdependientes a la hora de determinar el rendimiento animal (Hodgson, 1984).

Si se realiza un manejo adecuado, la pradera puede ser el total del alimento ofrecido al ganado, sin embargo, por factores que el hombre no puede controlar, la calidad del forraje es variable, resultando en fluctuaciones de su valor nutritivo (Cubillo et al., 1974).

Por otra parte, en el componente animal, hay determinados mecanismos que limitan el consumo. Existe el mecanismo de bocados, el cual presenta un número y peso de bocados máximo, otro mecanismo es el de distensión ruminal, que posee un límite de llenado, donde el consumo estará determinado por el tiempo de retención, y éste a su vez, por las tasas de digestión y pasaje. Por último, existe el mecanismo metabólico, el cual asume un máximo en el consumo de energía digestible, que al ser alcanzado, limita el consumo por la concentración de energía digestible en la dieta (Cangiano et al., 1996).

Al aumentar la asignación de forraje, el rendimiento animal suele aumentar a ritmo constante y tasas decrecientes hasta alcanzar un valor máximo (Jagusch et al., Rattray et al., citados por Hodgson, 1984), reflejando, la importancia de la oferta de forraje en definir el consumo (Hodgson, 1984).

El mecanismo el cual limite el nivel del consumo va a depender de la cantidad de forraje disponible. Cuando hay una alta disponibilidad de este, el carácter del forraje va a determinar el consumo a través de la distensión ruminal, o en caso de ser de muy alta calidad, estará condicionado por el mecanismo metabólico (Cangiano et al., 1996).

Como contraparte, cuando la disponibilidad de forraje es baja, el consumo estará determinado por el comportamiento ingestivo del animal, peso de bocado, tasa de bocado y/o tiempo de pastoreo. Este mecanismo también podría actuar frente a situaciones de alta disponibilidad de forraje, pero de baja disponibilidad efectiva o accesibilidad (Cangiano et al., 1996).

Además, Geenty y Sykes, citados por Hodgson (1984) señalan que, una asignación reducida puede deprimir la digestibilidad del forraje consumido. Sin

embargo, esto posee menor impacto en el rendimiento que la limitación directa en cuanto al consumo (Hodgson, 1984).

Factores relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente son los que determinan el consumo de forraje por parte de los animales en pastoreo. El mismo se ve limitado fundamentalmente por la tasa de ingestión, o sea, la oferta forrajera es uno de los principales factores que afectan el consumo (Cangiano et al., 1996).

Dicha oferta forrajera posee una importante variabilidad a lo largo del año, característica de las praderas convencionales y cultivos anuales del país. A su vez, la demanda de los animales para mantenimiento y engorde, es creciente, dando como resultado, cambios en la ganancia diaria de estos, en el año (Vaz Martins y Bianchi, 1982).

Es conocido el efecto negativo que tiene la madurez de la planta sobre la digestibilidad y esta, a su vez, sobre el consumo de materia seca. Las pasturas pueden modificar de dos formas la curva de respuesta entre oferta de forraje y producción animal. Por un lado, con leguminosas el animal logra una mayor ganancia que con gramíneas, explicado por factores nutricionales que afectan el consumo. Por otro lado, con leguminosas el máximo consumo se alcanza a una oferta diaria de forraje inferior que con gramíneas, dado por factores no nutricionales (Cangiano et al., 1996).

El contenido de fibra inhibe el consumo en los forrajes con un alto contenido de pared celular. En las leguminosas, el total de fibra en los componentes de la pared celular, no parece ser importante para tener un efecto negativo en el consumo. La fibra empieza a ser limitante cuando el contenido de la pared celular se encuentra entre el 50 y 60% de la materia seca forrajera (Van Soest, 1965).

La intensidad de pastoreo resulta de la relación entre el número de animales y la fitomasa, Mott, citado por Cangiano et al. (1996), define dicha intensidad como presión de pastoreo.

La carga es el número de animales por hectárea sin considerar la cantidad de forraje disponible. Dado que fitomasa es el peso de forraje por unidad de área, conocida ésta última, ambos términos pueden ser intercambiables (Cangiano et al., 1996).

*“En el rango de cargas de uso práctico, es necesario encontrar un punto de equilibrio entre la eficiencia de cosecha, el nivel de ganancias individuales y la productividad por unidad de superficie”* (Kloster et al., 2003).

El productor maneja la presión o intensidad de pastoreo a través del número y tipo de animales por hectárea, es decir, la carga animal, y a través del

método de pastoreo, determina la ubicación espacial y temporal de los animales en los diferentes potreros. Para maximizar la eficiencia de conversión del forraje a producto animal, se debe ajustar la carga y método de pastoreo con el crecimiento de las plantas forrajeras, siendo esto, lo más complejo de lograr (Cangiano et al., 1996).

## 2.5 PRODUCCIÓN ANIMAL

### 2.5.1 Aspectos generales de la producción animal

La producción animal bajo pastoreo evidencia el balance entre los requerimientos de nutrientes y el consumo de éstos por parte del ganado. Modificaciones en la cantidad y calidad del forraje inciden en el estado nutricional de los animales mediante una serie de procesos (Cangiano et al., 1996).

El resultado físico - económico del ecosistema pastoril y la persistencia productiva de la pastura están sujetos al manejo de la carga animal principalmente. A nivel predial, el efecto de la carga se manifiesta a través de la presión de pastoreo, que puede ser manejada mediante un balance entre la tasa de crecimiento, muerte y consumo de forraje por parte del ganado (Soca et al., 2005).

Incrementos en la carga tienden a reducir la tasa de crecimiento de la pastura, explicándose principalmente por el efecto que provoca la intensidad de pastoreo sobre los componentes morfogenéticos y la estructura de las plantas. Mientras que, con cargas bajas la menor tasa de crecimiento se debe a una mayor acumulación de material senescente (Lemaire y Chapman, citados por Soca et al., 2005).

En sistemas pastoriles es fundamental conocer las relaciones existentes entre animales y pasturas para maximizar la producción animal (Montossi et al., 1996).

El consumo es más relevante que la digestibilidad, en cuanto al consumo de materia seca digestible del forraje (Waldo, 1986). Crampton et al., citados por Waldo (1986), destacaron una contribución relativa de 70% para el consumo y 30% para la digestibilidad, tanto en gramínea como leguminosas.

### 2.5.2 Relación entre consumo - disponibilidad - altura

Cangiano et al. (1996), Poppi et al., citados por Montossi et al. (1996), insinuaron que el consumo animal en situaciones de pastoreo está regulado por factores nutricionales y no-nutricionales, los cuales se observan en una curva que tiende asintóticamente a un máximo, donde la parte ascendente refleja que



el consumo se ve limitado por factores no nutricionales como la capacidad de cosecha del animal, a través de la regulación del comportamiento ingestivo. Este último está determinado por el tiempo de pastoreo, la tasa y el peso de bocado, siendo afectado por la selección de la dieta y la estructura de la pastura. Por otra parte, los factores nutricionales tales como la digestibilidad de la pastura, tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos, son los que regulan el consumo en la sección asintótica de la curva, siempre y cuando el forraje disponible no sea limitante.

Existen relaciones entre el consumo o la ganancia de peso con la oferta de forraje, éstos incrementan a medida que aumenta la disponibilidad o la altura de la pastura (Cangiano et al., 1996).

El consumo está determinado por el producto del peso de bocado, la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo (Cangiano et al., 1996).

Conforme aumenta la facilidad de cosecha de forraje por parte de los animales, se maximiza la tasa de consumo, tasa de bocado por peso de bocado, relación que es afectada por el tipo de pastura que pastorean (Cangiano et al., 1996).

Jamieson y Hodgson, Morris, citados por Agustoni et al. (2008), concluyen que la altura de la pastura es un factor de gran importancia a la hora de determinar la performance del ganado de carne. Esto concuerda con Mursan et al. (1989), quienes mencionan que la altura es la determinante de la profundidad de bocado, por ende, determina el peso del bocado, y en consecuencia, la ingesta diaria.

El peso de bocado, variable del comportamiento ingestivo que más efecto posee sobre el consumo, se puede definir tanto en términos de volumen, como de densidad del forraje del horizonte de pastoreo (Hodgson, Burlison, citados por Cangiano et al., 1996).

Al incrementar la altura, el peso del bocado aumenta, a pesar de una disminución del doble en la densidad aparente del horizonte de pastoreo (Mursan et al., 1989).

La altura y disponibilidad de la pastura tienen una relación lineal con el consumo por bocado, siendo la densidad de la pastura un factor relevante bajo condiciones templadas (Montossi et al., 1996).

El peso del bocado es muy sensible a modificaciones en la altura del forraje y frente a una disminución de la misma, en compensación el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado tienden a incrementar hasta cierto valor crítico, por debajo del cual dicha compensación no es suficiente para evitar una disminución en la tasa de consumo y el consumo diario (Cangiano et al., 1996).

Montossi et al. (1996), mencionan nuevamente la importancia del peso del forraje cosechado por bocado en el consumo de forraje. Black, Burlison et al., Hodgson, Mitchell et al., Illuis et al., citados por Montossi et al. (1996) concluyeron que, un bajo consumo por bocado no puede ser compensado por un aumento en la tasa de bocado, como tampoco con un aumento en el tiempo de pastoreo (Hodgson, citado por Montossi et al., 1996).

En contraparte, Soca et al. (2005) observaron que, al aumentar la carga, los animales acceden a menor disponibilidad y altura de forraje, pero en cambio, éste posee menor porcentaje de restos secos, lo cual infiere en la estructura de la pastura favoreciendo el consumo de nutrientes disponibles.

### 2.5.3 Relación entre oferta de forraje-consumo

La oferta de forraje en pastoreo rotativo es uno de los factores que más incide sobre el consumo (Cangiano et al., 1996).

Con bajas asignaciones de forraje, aumenta la dificultad de aprehensión e ingestión del forraje, lo que trae aparejado, una reducción en el consumo (Jamieson y Hodgson, citados por Agustoni, 2008).

La principal limitante en el desempeño productivo de los animales en pastoreo es el consumo voluntario. Se entiende por este último, como la cantidad de forraje que un animal puede consumir durante un día, sin limitaciones de tiempo y disponibilidad (Minson, Mertens, Pittroff, Kothmann y Forbes, citados por Tarazona et al., 2012).

A su vez, Mejía Haro (2002), concuerda que la cantidad de materia seca de forraje consumida es el principal determinante en definir la producción animal.

Según Allegri (1982) cuando los factores propios del animal no son limitantes, las variaciones en disponibilidad, como también en valor nutritivo y aprovechamiento de las pasturas, son las determinantes del nivel de producto animal por cabeza y por hectárea.

Al aumentar la carga, disminuye la cantidad de forraje para cada individuo, dando como resultado, una disminución en la producción animal. Dicha disminución es compensada con el incremento en la producción por unidad de superficie (Cangiano et al., 1996).

A su vez, Mott, Heitschmidt y Taylor, citados por Cangiano et al. (1996) destacan que, a medida que la carga continúa aumentando, la ganancia por animal disminuye en tal magnitud que compromete la producción por hectárea.

En pastoreo rotativo, la utilización de forraje se relaciona con el consumo por animal. Si bien, es de suma importancia lograr altas eficiencias de

utilización o de cosecha, debe tenerse en cuenta que no se vea resentido el consumo por animal, generando bajas ganancias individuales (Cangiano et al., 1996).

De acuerdo Zanoniani (2010), para la obtención de una adecuada productividad animal, así como también, una buena persistencia productiva de la pastura, es importante considerar la oferta de forraje como forma de regular la carga animal.

*“La dieta de animales en pastoreo usualmente contienen mayores proporciones de hoja y componentes vivos de la pastura y bajas de tallos y material muerto, que lo que es ofrecido en la pastura”* (Arnold, L'Huillier et al., Vallentine, Montossi, citados por Montossi et al., 1996).

Conforme lo mencionado por Cangiano et al. (1996), si bien se conoce el comportamiento selectivo de los animales en pastoreo, aún no están determinadas las características que llevan al rechazo o selección de un determinado material.

Hodgson, citado por Montossi et al. (1996), hace alusión a que la selección animal está sujeta a las proporciones relativas de cada uno de los componentes de las pasturas, así como también, a la distribución vertical de los mismos en el perfil de estas. Esto último concuerda con lo mencionado por Montossi et al., citados por Montossi et al. (1996), que a su vez, destacan que los componentes de mayor valor nutricional, hojas verdes, se distribuyen en los estratos superiores de la pastura.

El material muerto generalmente se encuentra en la base de la pastura, generando que pueda ser rechazado por los animales, dada su baja accesibilidad y preferencia (Poppi et al., Vallentine, citados por Montossi et al., 1996).

La selección de forraje se expresa cuando existe una alta oferta de forraje y también, heterogeneidad en la pastura, ya sea en cuanto a características estructurales o de valor nutritivo (Cangiano et al., 1996).

Wales et al., citados por de Souza et al. (2013) encontraron que, con altas asignaciones de forraje, los animales seleccionaban dietas con mayor digestibilidad in vitro de la materia seca, además de un mayor contenido de proteína cruda y un menor nivel de fibra detergente neutro, en comparación a las dietas seleccionadas con bajas asignaciones de forraje.

Independientemente del mayor valor nutritivo de las partes priorizadas por los animales, cuando éstas comienzan a declinar, su selección puede tener un efecto negativo sobre la tasa de consumo y el consumo diario (Cangiano et al., 1996).

Se tiende a maximizar la tasa de consumo cuando el forraje presenta poca heterogeneidad en cuanto a calidad, el animal selecciona por cantidad de forraje (Distel et al., citados por Cangiano et al., 1996).

Al aumentar la presión de pastoreo en una pastura la cual posee componentes de distinta calidad como hojas y tallos, se ve favorecida la eficiencia de cosecha pero a costa de un aumento en la dieta de la proporción de tallos consumidos, lo que conlleva a una reducción de la producción animal (Cangiano et al., 1996).

No existen diferencias relevantes entre pastoreo rotativo y continuo, cuando se realiza un manejo con bajas cargas en pasturas gramíneas de regiones templadas, como también en leguminosas de tipo estolonífero. Por otro lado, con altas cargas y especies poco plásticas, existe una superioridad del pastoreo rotativo, tanto en producción como en persistencia, dando como resultado, una mayor producción animal (Cangiano et al., 1996).

Según Almada et al., citados por Agustoni et al. (2008), la tasa de consumo de materia seca aumenta hasta asignaciones de 10 kg MS 100 kg PV<sup>-1</sup> aproximadamente. Aumentos por encima de esta, no generan cambios en la tasa de consumo.

Zanoniani (2010) menciona que, con una asignación cercana al 6% se combina una adecuada ganancia animal (1,5 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), con una carga por superficie y producción de 600 kg PV ha<sup>-1</sup>, promedio para los tres años de vida de la pastura.

Holmes, citado por Cangiano et al. (1996) expone que, en sistemas de pastoreo rotativo, la fitomasa inicial debe ser mayor a los 2200 kg ha<sup>-1</sup> y la oferta por animal de 40 - 50 kg día<sup>-1</sup>. En pasturas con una fitomasa inicial inferior (1500 kg ha<sup>-1</sup>) así se tenga una buena oferta diaria por animal, el consumo se verá reducido porque el peso de bocado promedio va a ser pequeño.

Agustoni et al. (2008), encontraron que pastoreando al 2% de asignación, se alcanzó la ganancia de peso por superficie más alta, además de adecuadas ganancias individuales, en cambio, tuvo un efecto muy negativo sobre la pastura, la cual vio comprometida su producción y persistencia. El aumento a asignaciones entre 4,5 a 6%, además de obtener buenas ganancias animales, ya sea por hectárea e individuales, redujo el efecto negativo en las pasturas.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

##### 3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), en el potrero número 35 (32° 23' 27,1" S y 58° 03' 41,76" W). Los datos de este trabajo fueron recabados en el período comprendido entre el 12 de febrero y el 31 de agosto de 2020.

##### 3.1.2 Descripción del sitio experimental

De acuerdo a la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976) escala 1:1.000.000, el área experimental se sitúa sobre la Unidad San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos dominantes son Brunosoles Éútricos típicos (Háplicos) superficiales a moderadamente profundos y de textura limo - arcillosa (limosa). Los suelos asociados que se pueden encontrar son Brunosoles Éútricos Lúvicos, de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

##### 3.1.3 Antecedentes del área experimental

La siembra de la pastura se realizó el 1º de junio de 2018. La evaluación de esta, se llevó a cabo durante el final del segundo año de vida e inicios del tercero. Los cultivos antecesores, durante el otoño - invierno del 2017, fueron, por un lado *Lolium multiflorum* y por otro, una mezcla de *Lolium multiflorum*, *Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*. Éstos presentaron dos niveles de fertilización nitrogenada, 0 y 64 kg N ha<sup>-1</sup>. Mientras que, en el verano 2017 – 2018, se sembró un verdeo de *Setaria italica* al cual no se le realizó fertilización.

Previo a la siembra se realizó un control químico de malezas con 3 l ha<sup>-1</sup> de glifosato y un análisis de suelo, el cual dio como resultado niveles de N-NO<sub>3</sub> de 4 ppm y de 11 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por el método Bray No.1.

A la siembra se fertilizó con 48 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 8,4 kg de N ha<sup>-1</sup> mediante la utilización de 120 kg de fertilizante 7 - 40/40 - 0.

La mezcla sembrada está compuesta por *Festuca arundinacea* cv. INIA Fortuna, *Trifolium repens* cv Estanzuela Zapicán y *Lotus corniculatus* cv INIA Rigel. Las densidades de siembra utilizadas fueron 12, 2 y 9,5 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Las semillas de leguminosas fueron inoculadas con *Rhizobium leguminosarum* y peleteadas con carbonato de calcio.

Se ha de destacar que, dadas las importantes precipitaciones durante el 2018, la siembra junto con su respectiva fertilización, fueron tardías.

En el segundo y tercer año de vida de la pastura, en otoño se aplican 100 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 7 - 40/40 - 0 en los dos tratamientos. Además, de acuerdo al tratamiento, se aplican 64 kg N ha<sup>-1</sup> en forma de urea, fraccionados en dos aplicaciones de 32 kg N ha<sup>-1</sup>, siendo la primera en junio y la segunda en agosto. El primer año, dadas las condiciones mencionadas anteriormente, solo se realizó una única fertilización en invierno, a razón de 64 kg N ha<sup>-1</sup>.

#### 3.1.4 Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos, los cuales, se diferenciaron en la aplicación de diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

1) Pastura de *Festuca arundinacea* cv. INIA Fortuna, *Trifolium repens* cv. *Estanzuela Zapicán* y *Lotus corniculatus* cv. INIA Rigel.

Fertilizada con 0 kg N ha<sup>-1</sup> (T0).

2) Pastura de *Festuca arundinacea* cv. INIA Fortuna, *Trifolium repens* cv. *Estanzuela Zapicán* y *Lotus corniculatus* cv. INIA Rigel.

Fertilizada con 64 kg N ha<sup>-1</sup> (T64).

Es importante destacar que, dado el manejo de la fertilización explicado anteriormente, el periodo experimental comprende únicamente los efectos residuales de las aplicaciones de nitrógeno de los años anteriores, ya que los efectos directos de las fertilizaciones invernales escapan al período de estudio.

Las praderas fueron pastoreadas por 12 novillos de la raza Holando, con un peso vivo promedio individual inicial de 200 kg, asignados al azar en los tratamientos.

El ciclo del pastoreo del período experimental es de aproximadamente 90 días con un descanso cercano a los 60 días.

El criterio de ingreso y salida de los animales a pastorear se basó en la altura del forraje promedio de las parcelas, siendo 15 - 20 cm la frecuencia, 5 - 7 cm y 7 - 10 cm la intensidad, en otoño-invierno y primavera-verano respectivamente.

#### 3.1.5 Diseño experimental

El diseño experimental se trata de bloques completos al azar (DBCA). El factor a analizar es el nitrógeno. El área experimental abarca 4 ha, las cuales se dividen en cuatro bloques de 1 ha, que a su vez, se subdividen en cuatro

parcelas de aproximadamente 0,25 ha, en las cuales, los tratamientos fueron asignados al azar. Dando como resultado, dos tratamientos con dos repeticiones por bloque. La división de los bloques se realizó en base a la topografía presente.

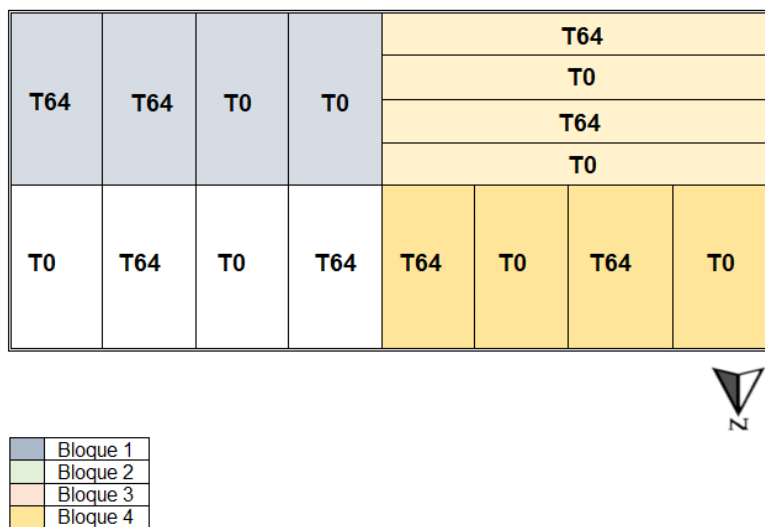


Figura No. 1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental

### 3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En el presente trabajo, las variables evaluadas fueron producción de forraje, composición botánica de la pastura, como a su vez, producción animal, en términos de producción individual, como por hectárea en función de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Es importante destacar que, la duración del experimento fue fraccionado en dos períodos. El período 1 comprende desde el 12/02/2020 al 20/04/2020, y el período 2 desde el 21/04/2020 al 31/08/2020.

#### 3.2.1 Mediciones de las principales variables

En los siguientes puntos, se desarrolla la metodología para la evaluación de las variables mencionadas anteriormente.

### 3.2.1.1 Forraje disponible y remanente

Cuando se habla de forraje disponible, se hace referencia a la cantidad de forraje presente antes del ingreso de los animales ajustado por la tasa de crecimiento durante el pastoreo (Campbell, 1966). Mientras que, cuando se hace referencia al remanente, se trata del forraje presente, posterior al retiro de los animales. Ambas variables se expresan en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

La medición de dichas variables fue realizada mediante el método doble muestreo propuesto por Pravia et al. (2013). Este método se caracteriza por poseer una parte directa y otra indirecta.

La parte directa es la determinación de la altura. Se midió utilizando una regla en la diagonal de un marco de muestro de 0,5 m de largo por 0,2 m de ancho. El criterio utilizado fue el desarrollado por Barthram (1986), quien considera el punto de contacto del ápice de la hoja más alta con la regla.

La parte indirecta es la determinación de la biomasa. Tanto en el disponible como en el remanente, se llevaron a cabo 12 cortes por tratamiento, con previa medida de altura en cada uno de ellos. Los cortes se realizaron al ras del suelo, con tijeras de esquila, dentro del marco de muestreo.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio, donde fueron pesadas en fresco, y posteriormente en seco, luego de permanecer por 48 horas en una estufa de circulación forzada de aire a  $60^{\circ}\text{C}$ . Los resultados obtenidos de las muestras en peso seco se extrapolaron a una hectárea, calculándose de esta forma, la disponibilidad de forraje en  $\text{kg MS ha}^{-1}$ . Dichos datos, fueron utilizados para el ajuste de una ecuación de regresión, entre la altura mencionada anteriormente en cm y los  $\text{kg MS ha}^{-1}$  de cada muestra, con el fin de determinar la correlación entre ambas variables. Los  $r^2$  obtenidos de las regresiones fueron mayores a 0,7 y significativos.

La ecuación de regresión obtenida tiene como variable independiente la altura, por lo tanto, sustituyendo con las alturas promedio de cada parcela, se obtienen los  $\text{kg MS ha}^{-1}$  disponibles para cada una de ellas. Se realizó el mismo procedimiento para el cálculo del forraje remanente.

### 3.2.1.2 Altura del forraje disponible y remanente

Para el cálculo de la altura (del disponible y del remanente) se realizaron 30 mediciones al azar por parcela. Dichas mediciones, se llevaron a cabo dentro del rectángulo mencionado anteriormente, y utilizando nuevamente, la metodología propuesta por Barthram (1986) ya mencionada.



### 3.2.1.3 Producción de forraje

Para el cálculo de la producción de forraje por hectárea, se realizó la diferencia entre los kg de MS del disponible y del remanente y a su vez, se consideró, la tasa de crecimiento de la pastura durante el período en cuestión (Campbell, 1966).

### 3.2.1.4 Materia seca desaparecida

Dicho cálculo se corresponde a la diferencia entre el forraje disponible ajustado y el remanente, por lo cual, refiere al desaparecido durante el pastoreo (Campbell, 1966).

### 3.2.1.5 Porcentaje de utilización

Este valor se obtiene mediante la división de los kg MS desaparecida sobre los kg MS disponibles, antes del ingreso de los animales, por lo tanto, hace referencia a la cantidad de forraje desaparecido en relación a la cantidad de forraje disponible.

### 3.2.1.6 Composición botánica

Para su determinación, se utilizó el método desarrollado por Brown (1954), el cual se basa en la apreciación visual de la ocupación porcentual de las diferentes fracciones (gramíneas, leguminosas, malezas y restos secos) dentro del rectángulo mencionado anteriormente. Se realizaron 30 observaciones por parcela.

### 3.2.1.7 Índice de selectividad relativa

Este valor se obtiene considerando los kg de determinada fracción en el forraje disponible, a la cual, se le resta, los kg de esta misma fracción en el remanente y posteriormente, se divide sobre los kg en el forraje disponible. Este resultado se expresa porcentualmente. Dicho cálculo fue realizado para la fracción gramínea y para la fracción leguminosa. Cuando refiere a gramíneas, se compone por la especie sembrada, festuca, y la fracción espontáneas, por tratarse principalmente de raigrás. Al referirse a leguminosas, se trata de las dos especies sembradas, trébol blanco y lotus.

### 3.2.1.8 Peso de los animales

Los animales fueron pesados individualmente, mediante el uso de una balanza electrónica. Las mediciones se realizaron los días 15/02/20, 20/04/20 y 31/08/20. Éstas fueron realizadas temprano en la mañana, con previo ayuno y restricción de agua.

### 3.2.1.9 Ganancia de peso media diaria individual

Para cuantificar este valor, se tuvieron en cuenta dos períodos, uno que comprende del 12/02/20 al 20/04/20 y el otro del 21/04/20 al 31/08/20. En ambos, se realizó la división de la ganancia total durante el período a analizar (la diferencia del peso vivo final con el inicial) entre la duración en días de dicho período. Para el análisis estadístico, como forma de eliminar las diferencias entre los pesos vivos iniciales, ésta variable se ingresa como covariable en el software estadístico InfoStat.

### 3.2.1.10 Producción de peso vivo

Para el cálculo de este, se dividió la ganancia total sobre la superficie total (ha), dando como resultado los kg de peso vivo producidos por hectárea. No se realizó un análisis estadístico de los kg ha<sup>-1</sup> dada la falta de repeticiones necesarias en el experimento para poder llevarlo a cabo.

### 3.2.1.11 Eficiencia de producción y utilización

Para el cálculo de la eficiencia de producción, se dividieron los kg MS producidos por hectárea sobre los kg de peso vivo producidos por hectárea. Por otro lado, para el cálculo de la eficiencia de utilización, se consideraron los kg MS desaparecidos por hectárea sobre los kg de peso vivo producidos por hectárea.

### 3.2.1.12 Eficiencia residual del uso de nitrógeno

Dicho cálculo fue realizado en términos de producción de materia seca como también de peso vivo. Para el primero, se dividió la diferencia de kg de MS producidos entre tratamientos sobre los kg de nitrógeno aplicados en el año anterior al período de estudio (64 kg N ha<sup>-1</sup>). En el segundo, se dividió la diferencia en cuanto a los kg de PV producidos por hectárea entre tratamientos, nuevamente sobre los kg de nitrógeno aplicados.

## 3.3 HIPÓTESIS

### 3.3.1 Hipótesis biológica

Existen diferencias en la producción de forraje, en la composición botánica (ocupación por gramíneas, leguminosas y malezas) y en la producción de carne dadas por las distintas dosis de fertilizante nitrogenado (0 y 64 N).

### 3.3.2 Hipótesis estadística

- $H_0: \tau_0 = \tau_64$
- $H_a$ : al menos un tratamiento es diferente.

## 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de la varianza entre los dos tratamientos se llevó a cabo mediante el uso del software para análisis estadístico, InfoStat. En el caso de encontrar diferencias entre dichos tratamientos, las mismas se estudiaron mediante el análisis comparativo de medias de Tukey con una probabilidad del 10%.

### 3.4.1 Modelo estadístico para la producción vegetal

El modelo se corresponde con un diseño en bloques completos al azar (DBCA).

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

Donde:

- $Y$  = corresponde a la variable de interés.
- $\mu$  = es la media general.
- $\tau_i$  = es el efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento.
- $\beta_j$  = es el efecto del  $j$ -ésimo bloque.
- $\varepsilon_{ij}$  = es el error experimental.

Los supuestos considerados en este modelo fueron:

- no existe interacción bloque por tratamiento.
- al modelo:
  - es correcto (en relación al material experimental)
  - es aditivo

### 3.4.2 Modelo estadístico para la producción animal

El modelo se corresponde con un diseño completamente al azar (DCA).

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

Donde:

- $Y$  = corresponde a la variable de interés.
- $\mu$  = es la media general.
- $t_i$  = es el efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento.
- $\beta_1$  = covarianza del peso inicial.
- $\xi_{i1}$  = es el error experimental.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

A continuación, se presenta la información meteorológica, en cuanto a los registros de precipitaciones y temperaturas, correspondientes al período del experimento, febrero a agosto del 2020, comparados con los registros promedio de la serie histórica comprendida entre los años 2002 y 2018.

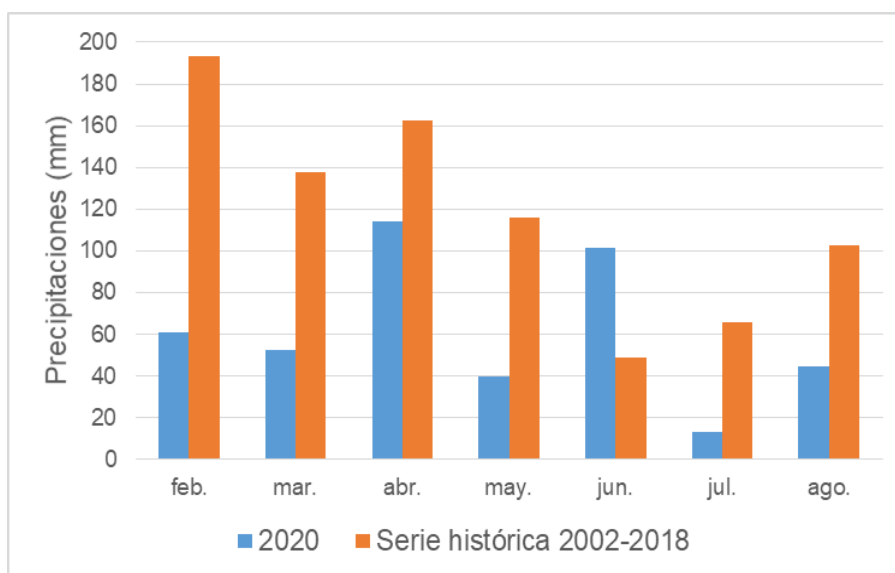


Figura No. 2. Registro de las precipitaciones durante el experimento, comparado con el promedio histórico

Como se observa en la figura No. 2, el año en el que se realizó el experimento presenta grandes diferencias en cuanto al promedio de la serie histórica. El período inicia con aproximadamente 130 mm por debajo del promedio histórico, dichas diferencias, a medida que avanza el año se van reduciendo. De todos modos, a excepción de junio, el período analizado presenta precipitaciones mensuales inferiores a las del promedio histórico.

La disponibilidad de volúmenes adecuados de agua en el suelo es determinante de la producción de forraje de una pastura. Estos volúmenes, dependen de factores climáticos y edáficos (Kramer, citado por Carámbula, 1996). El régimen hídrico de un territorio no puede ser caracterizado solo en base a la precipitación, dependiendo a su vez de la evaporación, infiltración, escurrimiento y capacidad de almacenaje de agua de los suelos. Sin embargo, la precipitación es un parámetro esencial del clima, por ser la fuente más importante de agua para el suelo (Durán, 1985). Como se mencionó anteriormente, el período estival se caracterizó por poseer precipitaciones muy

por debajo del promedio histórico, resultando en un importante déficit hídrico estival y por ende, un suelo sin agua disponible, el cual ocasiona estrés hídrico a la pastura (ver anexo No. 7). Según Olmos (1997), dicho estrés posee efectos sobre la composición botánica de las pasturas que presentan como componentes al lotus y al trébol blanco, así como también, determina un menor enraizamiento debido a un menor crecimiento del tallo, y afecta la reinstalación, post estrés hídrico. A su vez, se han observado reducciones de la FBN bajo esta situación (Stevenson y Laidlaw, citados por Olmos, 1997). A partir de marzo, si bien existieron meses en lo que el balance hídrico fue negativo, el suelo contaba con agua disponible, sin embargo, en agosto, nuevamente el suelo se queda sin agua (ver anexo No. 7).

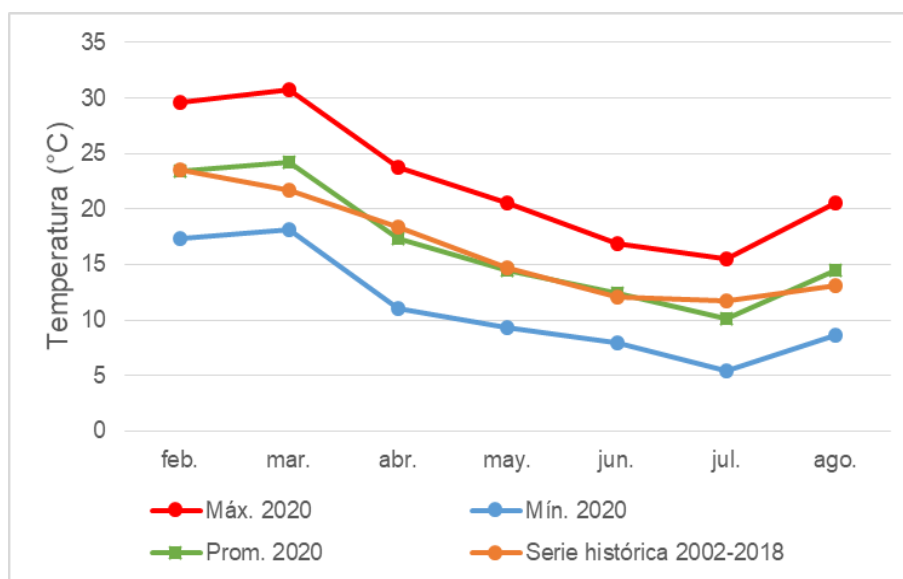


Figura No. 3. Registro de temperatura promedio, máxima y mínima durante el año del ensayo en comparación con el promedio histórico

En cuanto a la temperatura del período a analizar, se puede observar que el promedio posee una tendencia similar al promedio de la serie histórica. Las temperaturas máximas y mínimas se dieron en los meses de marzo y julio, respectivamente.

Según Carámbula (1977), las temperaturas óptimas de las especies C3 oscilan entre los 15 a 20°C. La mezcla analizada comprende en su totalidad especies de dicho metabolismo.

Las temperaturas mínimas registradas en el mes de julio, se encontraron muy por debajo de las óptimas. En febrero y marzo ocurre la situación inversa, considerando las temperaturas máximas. Sin embargo,

teniendo en cuenta las temperaturas promedio, no se observaron situaciones limitantes para el crecimiento y desarrollo de las especies sembradas. Cabe destacar, que el haber transcurrido durante un período con temperaturas adecuadas, no garantiza un buen crecimiento de las plantas, ya que también se debe considerar, la disponibilidad de agua en el suelo, anteriormente mencionada.

## 4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

### 4.2.1 Forraje disponible

En los siguientes cuadros se presentan los datos de forraje disponible por tratamiento para cada período así como también, el promedio total, expresado en kg MS ha<sup>-1</sup> y en cm.

Cuadro No. 4. Disponibilidad promedio de forraje en kg ha<sup>-1</sup> de MS de cada tratamiento para cada período y para el total

Tratamiento	Disponible período 1 kg MS ha <sup>-1</sup>	Disponible período 2 kg MS ha <sup>-1</sup>	Disponible promedio kg MS ha <sup>-1</sup>
64 N	2547 A	2229 A	2388 A
0 N	2128 B	1965 B	2046 B

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

Cuadro No. 5. Altura promedio del forraje disponible en cm de cada tratamiento para cada período y para el total

Tratamiento	Altura del disponible período 1 (cm)	Altura del disponible período 2 (cm)	Altura del disponible promedio (cm)
64 N	17 A	19 A	18 A
0 N	15 B	17 B	16 B

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

Para analizar dichas disponibilidades, se debe mencionar la oferta de forraje resultante del manejo realizado, de acuerdo al tratamiento, por período y promedio total, como forma de poder comparar con otros trabajos revisados.

Las ofertas de forraje utilizadas en los tratamientos son muy similares, siendo 7% del PV en ambos, en el primer periodo, que se corresponde a final de verano – otoño (periodo 1). En el segundo período, el cual se corresponde con final de otoño – invierno (periodo 2), 3 y 3,4% del PV, y en promedio para todo el experimento, 4 y 4,5% del PV para 64 N y 0 N, respectivamente. Estas ofertas se encuentran analizadas en el punto 4.2.7.

Agustoni et al. (2008), con asignaciones de forraje entre 4,5 y 7% del PV durante el período invierno – primavera alcanzaron disponibles en torno a los 1600 kg MS ha<sup>-1</sup> y a los 12 cm de altura. De igual forma, Arenas et al. (2011), con una oferta aproximada al 7% del PV durante el período otoño – invierno – primavera, encontraron disponibilidades cercanas a los 1800 kg MS ha<sup>-1</sup> y con 13 cm de altura. Al comparar estos datos con las disponibilidades obtenidas en el presente trabajo, se podría observar que con ofertas similares, dichas disponibilidades, ya sea en términos de altura y/o en kg MS ha<sup>-1</sup>, fueron superiores.

A su vez, Luzardo et al. (2010), con ofertas del 2,5% del PV durante el período otoño – invierno - primavera, obtuvieron disponibilidades de 3200 kg MS ha<sup>-1</sup> y en torno, a los 16 cm de altura. Si bien la altura es similar, los kg MS ha<sup>-1</sup> fueron superiores a los obtenidos en este trabajo.

Por otro lado, Gallo et al. (2015), con ofertas del 7% del PV durante el período invierno - primavera, obtuvieron disponibilidades cercanas a los 2200 kg MS ha<sup>-1</sup> y alturas promedio de 15 cm. Mientras que los kg MS ha<sup>-1</sup> fueron semejantes a los obtenidos en este estudio, las alturas fueron inferiores.

De acuerdo Zanoniani et al. (2006), Perrachón (2009), para realizar un manejo de la frecuencia de pastoreo adecuado, la altura de ingreso a la pastura debería ser de 15 a 20 cm. Mientras que, Carámbula, citado por Reinoso y Soto (2006), sugiere un ingreso con 25 cm. En base a esto, se podría afirmar que, en este caso, se trabajó de acuerdo al criterio de ingreso de los primeros autores, por lo tanto, se podría considerar como un manejo adecuado.

En cuanto a la disponibilidad de forraje según los distintos tratamientos, se observa una superioridad estadísticamente significativa del tratamiento 64 N frente al 0 N, ya sea en términos de kg MS ha<sup>-1</sup> como en cm, para ambos períodos y en el promedio. Dicha situación es esperable, explicado por lo mencionado por Ruz y Campillo (1996), García et al. (1999), Carámbula (2002) quienes aseveran que el agregado de N aumenta la producción de materia seca, siendo probable encontrar una mayor disponibilidad (en kg MS ha<sup>-1</sup> y en cm) en las parcelas fertilizadas con este nutriente.

Si bien no se cuenta con el análisis estadístico, numéricamente se observó, con el agregado de N, un aumento en la disponibilidad de forraje en kg MS ha<sup>-1</sup> del 20 y 13,5%, para el período 1 y 2, respectivamente. Esto podría explicarse por la composición botánica de los diferentes períodos. En el primero, existe gran predominancia por parte de malezas, fundamentalmente gramíneas C4 como *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colona* y *Cenchrus pauciflorus*, estas especies tienen la capacidad de producir importantes volúmenes de materia seca incluso en ambientes deficientes en nutrientes como nitrógeno (Wilson y Minson, 1980). Además, tienen mayores porcentajes



de materia seca en comparación con las especies C3 (Jarrige et al., 1995), influyendo de esta forma, en los kg MS ha<sup>-1</sup> disponibles. A su vez, la mayor diferencia entre los tratamientos durante este primer período podría deberse al efecto residual del nitrógeno, ya que, como es conocido, las especies gramíneas C4 se ven promovidas con este nutriente.

Sin embargo, en cuanto al aumento en altura con el agregado de dicho nutriente, no se observaron diferencias importantes entre ambos períodos.

En el segundo período, aunque es razonable esperar una menor disponibilidad de forraje, dado que, como ya se mencionó, se corresponde a final de otoño - invierno, lo cual, según Carámbula (2002), la producción en esta época del año se ve resentida por las bajas temperaturas, siendo otoño y primavera las estaciones donde esta mezcla alcanza las mayores producciones de materia seca. En este caso, podría estar explicado, por la variación en la composición botánica. Las especies malezas C4 se ven reducidas, aumentando en proporción las especies sembradas, éstas últimas son especies C3, las cuales se caracterizan por poseer menor porcentaje de materia seca (Jarrige et al., 1995), afectando los kg MS disponibles ha<sup>-1</sup>.

Por otro lado, analizando numéricamente la variación en la disponibilidad de forraje, considerando los kg MS ha<sup>-1</sup> y los cm, podría pensarse que, el forraje del primer pastoreo era de mayor densidad en comparación con el del segundo. Nuevamente, esto podría estar explicado por la composición botánica, ya que en el primer período se encuentra una importante proporción de malezas gramíneas C4, principalmente las mencionadas anteriormente. Estas especies por lo general, presentan menor proporción de mesófilo y mayor proporción de tejido vascular que las C3 (Trujillo y Uriarte, s.f.) y a su vez, algunas de las malezas mencionadas poseen hábito de crecimiento decumbente. Estas características determinan mayor densidad de las pasturas.

#### 4.2.2 Forraje remanente

En los siguientes cuadros se presentan los datos de forraje remanente por tratamiento para cada período, así como también, el promedio total, expresado en kg MS ha<sup>-1</sup> y en cm.

Cuadro No. 6. Forraje remanente promedio en kg ha<sup>-1</sup> de MS de cada tratamiento para cada período y para el total

Tratamiento	Remanente período 1 kg MS ha <sup>-1</sup>	Remanente período 2 kg MS ha <sup>-1</sup>	Remanente promedio kg MS ha <sup>-1</sup>
64 N	1188 A	1007 A	1097 A
0 N	1057 B	909 B	983 B

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

Cuadro No. 7. Altura promedio del forraje remanente en cm de cada tratamiento para cada período y para el total

Tratamiento	Remanente período 1 kg MS ha <sup>-1</sup>	Remanente período 2 kg MS ha <sup>-1</sup>	Remanente promedio kg MS ha <sup>-1</sup>
64 N	11 A	8 A	10 A
0 N	10 B	7 B	9 B

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

Nuevamente se considerarán las ofertas de forraje mencionadas anteriormente, con el fin de poder comparar la información obtenida con otros trabajos.

Por un lado, Almada et al. (2007), con una asignación del 7% del PV, semejante a la promedio de este trabajo, obtuvieron un remanente de 2400 kg MS ha<sup>-1</sup> y 9 cm de altura. Si bien, la altura obtenida en el presente trabajo es similar, los kg MS ha<sup>-1</sup> obtenidos fueron, aproximadamente, la mitad de los obtenidos por la bibliografía mencionada.

Por otra parte, Arenares et al. (2011), con asignaciones cercanas al 7% del PV obtuvieron remanentes inferiores a los encontrados en el promedio de este trabajo, 700 kg MS ha<sup>-1</sup> y 6 cm de altura. Situación similar a la encontrada por López et al. (2017), quienes trabajando con asignaciones entre 4,3 y 8,7% del PV, obtuvieron remanentes aproximados a los 850 kg MS ha<sup>-1</sup> y a los 7 cm.

Carámbula (1996) sugiere como manejo de la intensidad de pastoreo, dejar un remanente de 2,5 cm en especies postradas y en erectas de 5 a 7,5 cm, para que no se vea comprometida la producción y persistencia de la pastura. Esto coincide con Zanoniani (1999), el cual menciona que si bien, determinar una altura óptima de remanente de pastoreo es difícil, en especies de mayor productividad alturas mayores a 5 cm no estarían limitando la productividad de la pastura. El manejo durante el período 2, se correspondió con los mencionados anteriormente. Éste permite el ingreso de luz a horizontes

más profundos, cuando mejoran las condiciones climáticas, mejor balance hídrico y menor temperatura.

El lotus, dada su buena re siembra, permite la instalación de nuevas plantas, y el rebrote desde la corona (Zanoniani y Ducamp, 2004). De la misma forma, en festuca mejora la relación rojo/rojo lejano en la base del tallo, aumentando la tasa de macollaje y por ende, el stand presenta un mayor número de macollas (Formoso, 2010) siempre que, no sea limitante la energía para la refoliación (Saldanha et al., 2010). Por otro lado, en trébol blanco, al mejorar la cantidad de luz en la pastura y la relación rojo/rojo lejano, se mejora el crecimiento de las yemas, la aparición de las ramas, el largo del pecíolo y el número de raíces nodales (Robin et al., Lótscher y Nösberger, citados por Olmos, 2004), además, la reducción en la intensidad de luz azul puede modificar el largo del entrenudo y la ramificación, ubicando las hojas en una posición superior dentro de la pastura (Gautier et al., citados por Olmos, 2004).

A su vez, es de relevancia destacar que, la resiembra toma importancia en la recuperación de la pastura, luego de haber sufrido un período de estrés, como en este caso. En otoño y primavera temprana es donde se han registrado mayor número de plántulas generadas a partir del banco de semillas del suelo (Gardner et al., Jones, Chancellor, Castrillón y Pirez, Chapman, Jones, Archer y Robinson, Panos y Silander, Popay et al., citados por Olmos, 2004). Por lo que, un manejo que promueva la mejora en la cantidad de luz que llegue al banco de semillas, como a las plántulas, estará favoreciendo a la resiembra.

Por otro lado, el manejo durante el período 1, no coincide con lo mencionado por Carámbula (1996), sino que, se rige por el criterio citado por Zanoniani (2010), quien recomienda en otoño - invierno una intensidad de 5 - 7 cm y de 7 - 10 cm en primavera - verano. Es de relevancia destacar que, este período se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones muy por debajo del promedio histórico mensual, sumado al efecto de las mayores temperaturas. Por lo cual, podría pensarse, que dicho manejo se realizó con el objetivo de preservar y promover la recuperación de la pastura. Además, se podría considerar estratégico frente a las malezas presentes. Estas, como se mencionó anteriormente, son fundamentalmente decumbentes, viéndose favorecidas con pastoreos más intensos.

Con este manejo más laxo, se podría observar, según Zanoniani et al. (2006) una pastura con tallos más desarrollados y menor proporción de hojas. A su vez, mencionan la existencia de una relación lineal entre la utilización de forraje y la intensidad de pastoreo, aumentando la primera al reducir la altura del remanente. Esto concuerda con Parsons et al., citados por Cangiano et al. (1996), quienes explican que con manejos poco intensos domina el bajo aprovechamiento del forraje producido, disminuyendo linealmente la utilización del mismo.

Existieron diferencias estadísticamente significativas en los remanentes según el tratamiento, viéndose favorecidas, con mayor kg MS ha<sup>-1</sup> y cm de altura, las parcelas fertilizadas con N. A su vez, se correspondió con los resultados obtenidos por Olmos (2004), Almada et al. (2007), los cuales encontraron que los tratamientos que presentaban mayor forraje remanente, eran los que alcanzaban una mayor altura disponible en el pastoreo siguiente. En este caso, el tratamiento 64 N, deja un mayor remanente en el primer período, y en el segundo se observa un mayor disponible, en términos de kg MS ha<sup>-1</sup> y en altura en comparación con el tratamiento 0 N.

#### 4.2.3 Composición botánica

##### 4.2.3.1 Composición botánica del disponible

En este punto se presentan los resultados de la composición botánica promedio de los tratamientos para el forraje disponible. También, se mostrará la variación de dicha composición para los diferentes pastoreos.

Cuadro No. 8. Composición botánica promedio del forraje disponible por tratamiento expresado en porcentaje

Tratamiento	Festuca (%)	Trébol blanco (%)	Lotus (%)	Malezas (%)	Espontáneas (%)
64 N	22 A	16 B	17 A	35 A	11 A
0 N	18 A	21 A	14 A	32 A	9 A

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

Promedialmente, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre todas las fracciones de acuerdo al tratamiento, a excepción de trébol blanco, el cual se favoreció en el tratamiento sin agregado de nitrógeno. Estos resultados coinciden con lo afirmado por González (1984), quien encontró que, con aplicaciones de 30 kg de N ha<sup>-1</sup> disminuye el contenido de trébol en la pradera, un 45 - 60% aproximadamente. También, Ledgard y Steele, citados por Morón (1996a), mencionan que el aumento excesivo de la disponibilidad de N conlleva a una reducción del stand de plantas de leguminosas. Ambos autores coinciden en que el agregado de fertilizante nitrogenado, reduce la FBN, limitando de esta forma, la habilidad competitiva de la leguminosa frente a la gramínea. Es importante destacar, que no se observó este comportamiento en lotus, ya que su proporción en la mezcla no tuvo diferencias significativas entre los tratamientos.

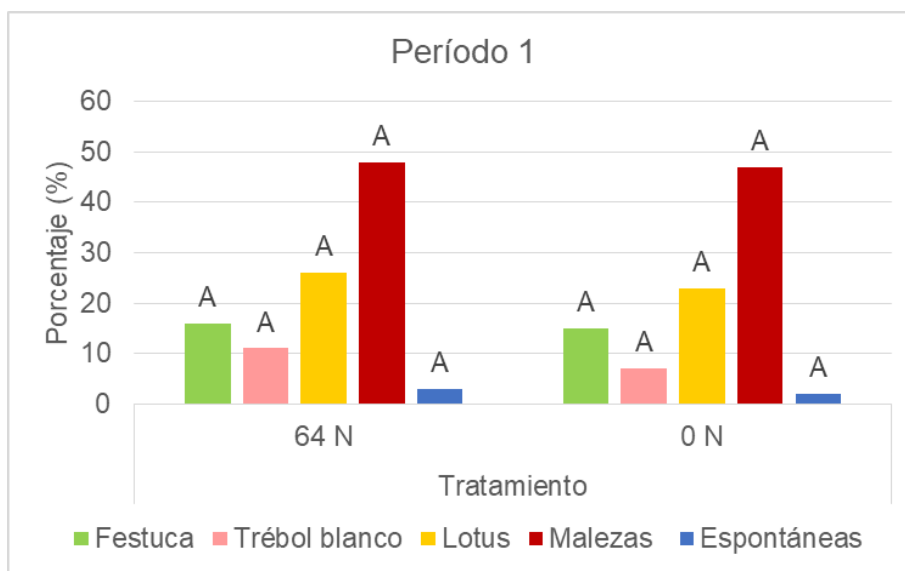
De acuerdo con Carámbula (2002), la composición ideal en una pastura mixta es de 60 - 70% gramíneas, 20 - 30% de leguminosas y se admite un 10%

de malezas. Situación que no se alcanza en ninguno de los dos tratamientos, donde en ambos, la fracción maleza podría considerarse como la predominante, sin existir diferencias significativas en los porcentajes entre tratamientos.

Esto podría explicarse por lo citado por Carámbula (2002), el cual asevera que las malezas se ven promovidas con el aumento de la fertilidad del suelo, ya sea por fertilización como por FBN. A su vez, Reid (1961), menciona que, el aumento de la dosis de nitrógeno, incrementa la proporción de malezas, fundamentalmente en las mezclas que están compuestas por especies como la festuca, de lento crecimiento. También, podría sumarse el efecto de la reducción del stand de plantas durante el período estival sobre el enmalezamiento (Carámbula, 2002). Dicho efecto se analizará en las siguientes figuras.

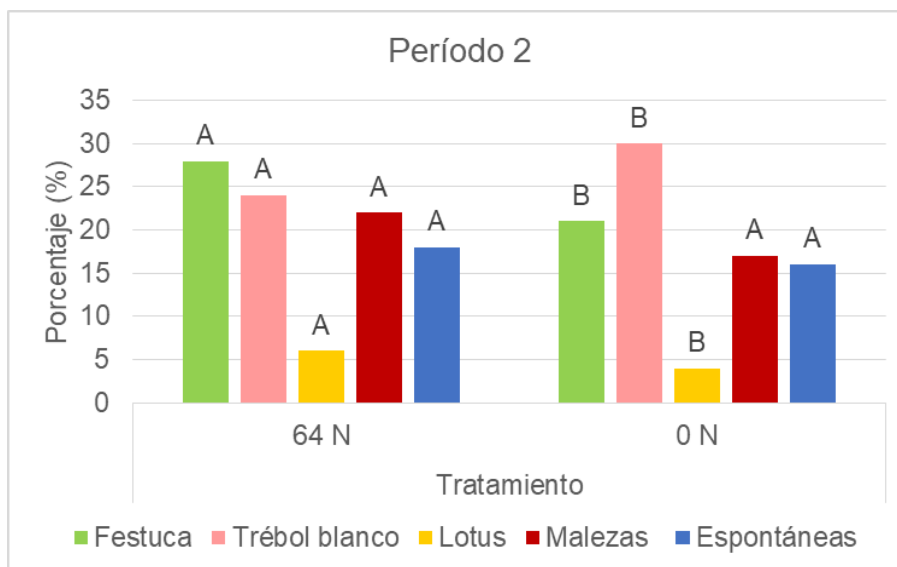
Es conocido el efecto negativo que poseen las malezas sobre el sistema, reduciendo la productividad y persistencia de las pasturas (Zanoniani, 2014). También Montoya y Rodríguez (2013), afirman que reducen la calidad del forraje ya que generalmente, poseen menor valor nutritivo, son menos palatables y en algunos casos, tóxicas para el ganado.

A continuación, se presenta la composición botánica promedio del disponible de acuerdo el período de pastoreo.



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

Figura No. 4. Composición botánica promedio para el período 1, del forraje disponible por tratamiento expresado en porcentaje



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

Figura No. 5. Composición botánica promedio para el período 2, del forraje disponible por tratamiento expresado en porcentaje

Como se puede observar en la figura No. 4., en el primer período de pastoreo, el cual, como se mencionó anteriormente, se corresponde a un final de verano - inicio de otoño, no existieron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna fracción en términos porcentuales.

En este período, al igual que en el promedio del experimento, predomina la fracción maleza, siendo en este caso, casi un 50% del total.

Si bien existen diversos factores que promueven la pérdida del stand de plantas, y por ende, la liberación de espacios para ser colonizados por las malezas, se podría pensar que el factor fundamental en este período, además del ciclo de producción invernal de la mayor parte de las especies sembradas, fue el importante déficit hídrico estival. Porque si bien, las precipitaciones en todo el experimento, a excepción de junio, estuvieron por debajo del promedio histórico mensual, en los meses que comprenden el primer pastoreo, las diferencias fueron más acentuadas. Esto en conjunto con la mayor evapotranspiración durante el período estival, resultan en un balance hídrico muy negativo, y por ende, como se mencionó anteriormente, un suelo sin agua disponible (ver anexo No. 7). Situación que se corrobora mediante las especies de malezas predominantes encontradas durante dicho período, las cuales son fundamentalmente estivales (*Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colona*, *Cenchrus pauciflorus* y *Sida rhombifolia*), y a su vez, con el importante porcentaje de suelo desnudo encontrado en ambos tratamientos (23% aproximadamente).

En cuanto a las especies sembradas, agronómicamente, la especie más destacada fue el lotus. Esta situación es de esperarse, ya que además de tratarse de una especie estival, según Zanoniani y Ducamp (2004), su sistema radicular le permite una mayor resistencia a la sequía, y además INIA (2017) menciona que el cultivar utilizado (Rigel), posee capacidad de superar períodos moderados de sequía siempre que se realice un manejo del pastoreo adecuado, como también, una buena producción estival, aún en condiciones de baja disponibilidad hídrica.

Por otro lado, la festuca y el trébol blanco se encontraron en muy baja proporción en la mezcla. En el caso de la festuca, es conocido que dicha especie posee moderada resistencia a la sequía, y a su vez, que los cultivares como INIA Fortuna, que pertenecen al grupo de continentales, no poseen latencia estival (García, 2003), por lo que, podría suponerse que la baja proporción de ésta en la mezcla es debido al déficit hídrico anteriormente mencionado.

El trébol blanco, agronómicamente, es la especie que se encuentra en menor proporción de las sembradas. Dicha situación es predecible de acuerdo con Olmos (2004), el cual menciona que, la ocurrencia de períodos secos durante el verano, disminuye de forma significativa el desarrollo de la especie.

Esta situación, coincide con lo encontrado por Zanoniani et al. (2018) quienes determinaron que la contribución de festuca, trébol blanco y lotus en la mezcla en verano – otoño es del orden del 45 a 55%, siendo el patrón de crecimiento fundamentalmente, reflejo de la composición de la mezcla, donde dos de las especies sembradas son de ciclo invernal. Esto tiene como consecuencia una limitada capacidad de crecimiento en el verano y otoño, aumentando el porcentaje de suelo descubierto, y por ende, permitiendo el desarrollo de malezas que se promueven con el incremento de la temperatura, como las mencionadas anteriormente, gramíneas C4 anuales estivales, las cuales acumulan importantes volúmenes de biomasa durante estos meses, resintiendo de esta forma, el rebrote otoñal de las especies sembradas.

En el segundo período, entre los diferentes tratamientos, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la proporción de las especies sembradas, mientras que en las malezas y en las especies espontáneas no.

En el tratamiento 64 N se observa una predominancia numéricamente mayor de la fracción festuca, en comparación con el resto de las especies sembradas. A su vez, se encontró un porcentaje significativamente mayor de dicha especie, en comparación con el tratamiento 0 N. Formoso (2010), asevera que el otoño es la estación donde las tasas de macollaje son más altas, y en invierno, si bien la población de macollas continúa en aumento, lo hace a tasas menores. Carámbula (2002), afirma que el agregado de nitrógeno promueve a

la fracción gramínea de la mezcla, en detrimento de la fracción leguminosa, ya que ésta última, pierde habilidad competitiva.

En el tratamiento 0 N, numéricamente predominó la fracción trébol blanco, y a su vez, también fue significativamente superior a la encontrada en el tratamiento 64 N. En dicha estación, se lleva a cabo la resiembra natural de esta especie, la cual, como se mencionó anteriormente, es relevante en períodos de sequía, como el ocurrido durante este estudio, por tanto, podría explicar el aumento de la contribución de dicha especie a la mezcla. Por otro lado, las diferencias entre tratamientos podrían ser explicadas debido a que sin el agregado de N, las leguminosas tienen una mayor habilidad competitiva frente a las gramíneas, dada por el mecanismo de la FBN.

De todos modos, en ambos casos, si bien no se encontró una mejora en la contribución de las especies sembradas del orden del 85 – 90% como la encontrada por Zanoniani et al. (2010), se observa una clara recuperación de la pastura, aumentando la proporción de las especies sembradas, fundamentalmente las invernales. Sin embargo, se observa una reducción del lotus, por tratarse de una especie estival.

A su vez, la incidencia de malezas se ve reducida. Esto puede ser explicado, además de por el ciclo de producción de las especies sembradas el cual permite ocupar marcadamente el espacio en estas estaciones, por el hábito de vida y ciclo de producción de las principales malezas presentes encontradas en el período 1, las cuales se caracterizan por ser anuales estivales, por ende, en este período no generarían interferencia.

En general, no se observó un porcentaje importante en ninguno de los dos períodos de especies espontáneas, sin embargo, existió una diferencia numéricamente mayor durante el período 2. Al analizar más detalladamente las especies espontáneas presentes, se encontró que la especie predominante era raigrás. Dicha especie es C3 y posee un hábito de vida y ciclo de producción anual - invernal. De acuerdo con Carámbula (2002), García (2003), las mayores tasas de macollaje, como también, la mayor producción de forraje de dicha especie, se concentra en el período invierno - primaveral, ya que, durante este período, se ve promovida por el régimen de temperaturas. Por tanto, resulta esperable que aumente su contribución en la mezcla en el segundo período, en ambos tratamientos.

Por último, si bien porcentualmente no existieron diferencias significativas en cuanto a la fracción espontánea entre tratamientos, sí existieron en términos de  $\text{kg MS ha}^{-1}$ , siendo mayor en el tratamiento 64 N (ver anexo No. 3). El agregado de N, como se mencionó anteriormente, en gramíneas de clima templado promueve el macollaje, principalmente en otoño,



y en menor medida en primavera (García y Mazzanti, 1993), pudiendo así, explicar las diferencias en términos de kg MS ha<sup>-1</sup>.

#### 4.2.3.2 Composición botánica del remanente

En este punto se presentan los resultados de la composición botánica promedio de los tratamientos, para el forraje remanente. También se mostrará la variación de dicha composición para los diferentes pastoreos.

Cuadro No. 9. Composición botánica promedio del forraje remanente por tratamiento expresado en porcentaje

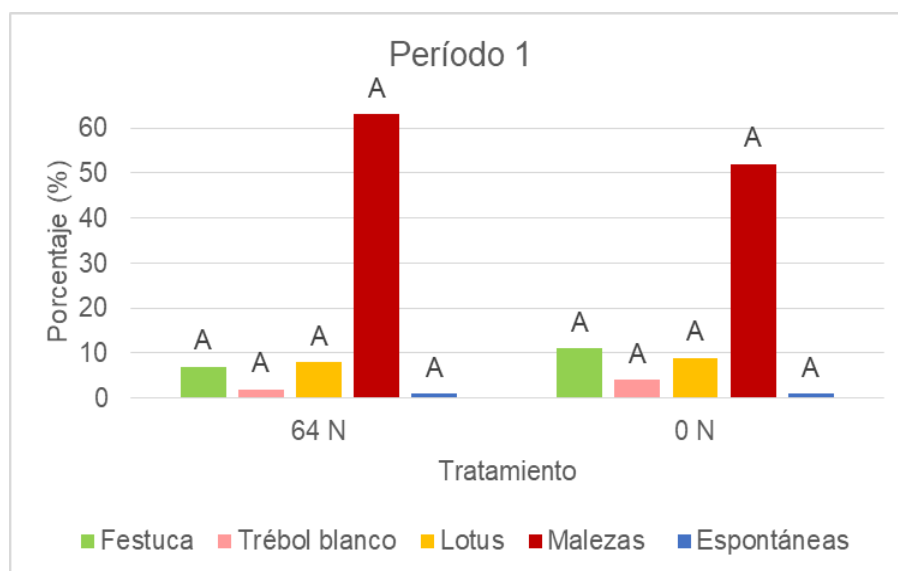
Tratamiento	Festuca (%)	Trébol blanco (%)	Lotus (%)	Malezas (%)	Espontáneas (%)
64 N	10 A	3 A	13 A	48 A	6 A
0 N	11 A	5 A	13 A	44 A	5 A

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

De acuerdo a lo observado, en ninguna fracción del forraje remanente se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

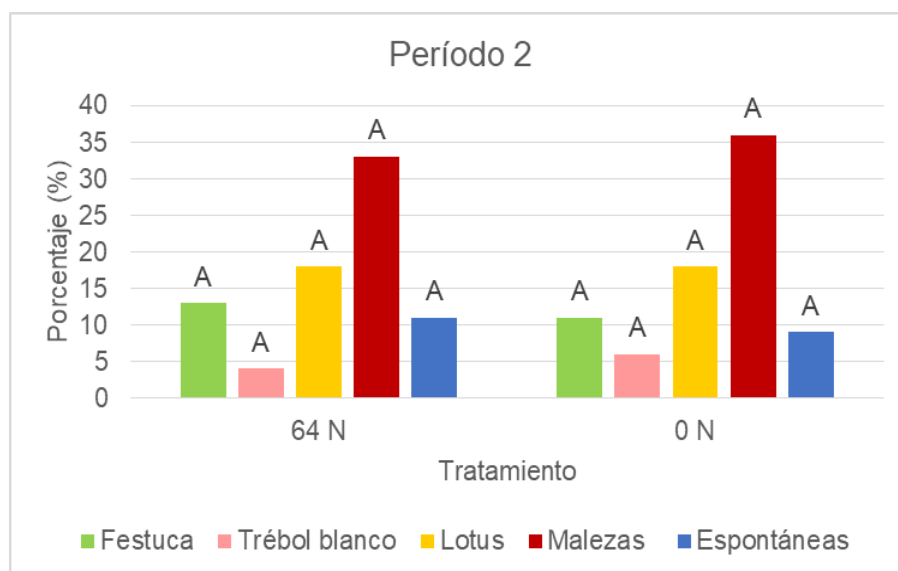
Como era de esperarse, se aprecia un comportamiento similar al descrito en el disponible, y a su vez, más acentuado, ya que numéricamente, incrementa aún más la relevancia de la fracción maleza en la mezcla y disminuyen las proporciones de las especies sembradas y espontáneas. Esto podría ser atribuible al ingreso de los animales a pastorear, donde estas últimas fracciones son preferidas por el ganado.

A continuación, se presenta la composición botánica promedio del remanente de acuerdo el período de pastoreo.



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

Figura No. 6. Composición botánica promedio para el período 1, del forraje remanente por tratamiento expresado en porcentaje



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

Figura No. 7. Composición botánica promedio para el período 2, del forraje remanente por tratamiento expresado en porcentaje

En ningún período se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

El período 1 se corresponde con la composición botánica encontrada en el disponible de ese período. Las malezas son la fracción de mayor magnitud, superando el 50% de la pastura. Tal como se explicó anteriormente, esto puede ser causa del déficit hídrico estival, el cual afectó negativamente las especies sembradas, lo que determinó un importante porcentaje de suelo desnudo, nicho para el establecimiento de malezas, además del efecto de la composición de la mezcla, el cual promueve un patrón de crecimiento fundamentalmente invernal.

En el período 2, el comportamiento se diferenció al observado para el mismo período en el disponible. No se encontraron diferencias significativas en ninguna fracción entre tratamientos. Si bien, las especies sembradas, al igual que en el disponible, aumentaron en proporción con respecto al primer período, en el remanente, siguió dominando la fracción maleza, consecuencia de una mayor selectividad por las especies sembradas, en comparación con las malezas. Dicha situación, debe ser monitoreada periódicamente para cuantificar e identificar las malezas presentes, y así, evaluar las necesidades de un posible control, con el fin de que la productividad y persistencia de la pastura no se vean comprometidas.

Otra diferencia numérica encontrada en relación al disponible del mismo período, es la inversión de la dominancia de las especies sembradas. Mientras que, en el disponible, predominaban festuca y trébol blanco, en el remanente, fue el lotus el que se encontraba en mayor proporción. Esto puede explicarse por la mayor selectividad por festuca y trébol blanco en comparación con el lotus durante este período, ya que esta última especie se encuentra culminando su ciclo de vida. En esta fase, la concentración de materia seca digestible (MSD) y proteína cruda (PC) normalmente disminuyen, y a su vez, disminuye la relación hoja/tallo, pudiendo las hojas llegar a contribuir solo en un 20 - 30% del forraje total. Mientras que, estas últimas tienen altas concentraciones de MSD y PC, los tallos generalmente tienen menores, y a su vez, poseen una mayor tasa de descenso de estas concentraciones con el avance de la edad, resultando en un forraje de menor calidad (Formoso, 1993).

Cabe destacar, que en términos de  $\text{kg MS ha}^{-1}$  nuevamente existieron diferencias estadísticamente significativas en la fracción espontáneas, siendo mayores en el tratamiento 64 N (ver anexo No. 3). Esto podría ser explicado por lo mencionado anteriormente, esta fracción está fundamentalmente compuesta por una gramínea C3.

Como forma de profundizar en el análisis, se calculó el índice de selectividad relativa, dicho índice se explica de forma más detallada en el punto 3.2.1.7. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Cuadro No. 10. Índice de selectividad relativa según tratamiento para los dos períodos analizados y el promedio total

Tratamiento	Selectividad relativa período 1		Selectividad relativa período 2		Selectividad relativa promedio	
	Gram. (%)	Leg. (%)	Gram. (%)	Leg. (%)	Gram. (%)	Leg. (%)
64 N	80	86	77	72	79	80
0 N	69	83	73	72	73	77

En el promedio del estudio, a pesar de que no se realizó un análisis de la varianza para esta variable, en el tratamiento 64 N no se encontraron grandes diferencias entre las selectividades de las gramíneas y de las leguminosas. Por otro lado, en el tratamiento 0 N, la selectividad de las leguminosas fue superior a la de las gramíneas. Si bien, la primera fue similar a la encontrada con aplicación de nitrógeno, la segunda fue numéricamente menor.

La selección se expresa cuando existe una alta oferta de forraje y además, heterogeneidad en la pastura, ya sea en cuanto a características estructurales o nutricionales (Cangiano et al., 1996). A su vez, el animal tiene que evaluar si continuar pastoreando el parche en el que se encuentra, o moverse hacia otro parche, y por lo tanto, incurrir en un gasto energético. Cuando los costos de búsqueda son insignificantes, los animales prefieren parches donde logran desarrollar una mayor tasa de consumo (Prache y Peyraud, 2001).

Lo encontrado en el tratamiento 0 N, podría coincidir con Folgar y Vega (2013), quienes encontraron una mayor selectividad por el componente leguminosa. Esto puede deberse a que, en términos de calidad, en rumiantes, las leguminosas poseen ventajas frente a las gramíneas (Trujillo y Uriarte, s.f.).

Por otro lado, los resultados obtenidos en el tratamiento 64 N, no coinciden con los autores mencionados, ya que no se observa una preferencia por la leguminosa. Es conocido que las leguminosas poseen mayor contenido de proteína cruda que las gramíneas, sin embargo, en este caso, las diferencias nutricionales entre éstas podrían ser inferiores, ya que el aumento en la disponibilidad de nitrógeno, incrementa el contenido de proteína cruda de las gramíneas (Ayala y Carámbula 1994, Undurraga 2001, Wagner, Ramage et al., Washko y Marnott, Reid y Castle, Horrell y Newhouse, citados por Carámbula 2002).

En el primer período, se observa un comportamiento esperable, la mayor selectividad por las leguminosas, en comparación con las gramíneas, para ambos tratamientos. Por otro lado, las selectividades fueron mayores en el tratamiento 64 N, y a su vez, la diferencia entre gramíneas y leguminosas, fue inferior a la encontrada para el tratamiento 0 N.

Como se observa en la figura No. 4 la especie sembrada predominante es el lotus, y a su vez, en esta época presenta excelente calidad, ambos motivos por el cual es preferido por los animales, aumentando la selectividad de las leguminosas.

En cuanto a las diferencias entre tratamientos, en el tratamiento 64 N, la mayor selectividad por las gramíneas en comparación con el 0 N podría deberse a que, el agregado de fertilizante mejoró la distribución espacial de estas, reflejándose, en una mejora en la estructura horizontal, y por lo tanto, en una mayor probabilidad de pastoreo (Laca y Lemaire, 2000).

En el segundo período, la selectividad por las gramíneas se mantuvo similar a la encontrada para el primer periodo, siendo inferior en el tratamiento 0 N. Por otra parte, la selectividad por las leguminosas se vio reducida para ambos tratamientos. Esto trae como consecuencia, la no preferencia de las leguminosas frente a las gramíneas. En este período, la selectividad queda determinada principalmente por la calidad de las especies que componen la mezcla. Como se observa en la figura No. 7, el lotus fue la especie sembrada que tuvo mayor proporción en el remanente, pudiendo reflejarse, la baja selección que ejerció el ganado sobre este componente. Esto podría deberse a la pérdida de calidad que sufre dicha especie al estar culminando su ciclo, explicada anteriormente. A su vez, como tendencia general, se observa que en invierno, las gramíneas templadas incrementan la digestibilidad de la materia orgánica y el contenido de proteína cruda, dado que se encuentran en estado vegetativo y bajo un régimen temperaturas favorables (García, 2003). Esto, resulta en que, se equiparen los porcentajes de índice de selectividad relativa entre ambas familias.

#### 4.2.4 Forraje desaparecido

A continuación, se presenta la información obtenida en cuanto al forraje desaparecido promedio por período y al total del experimento.

Cuadro No. 11. Forraje desaparecido promedio en kg MS ha<sup>-1</sup> por tratamiento para cada período y total

Tratamiento	Desaparecido período 1 kg MS ha <sup>-1</sup>	Desaparecido período 2 kg MS ha <sup>-1</sup>	Desaparecido total kg MS ha <sup>-1</sup>
64	1359 A	1222 A	2581 A
0	1071 B	1056 B	2127 B

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

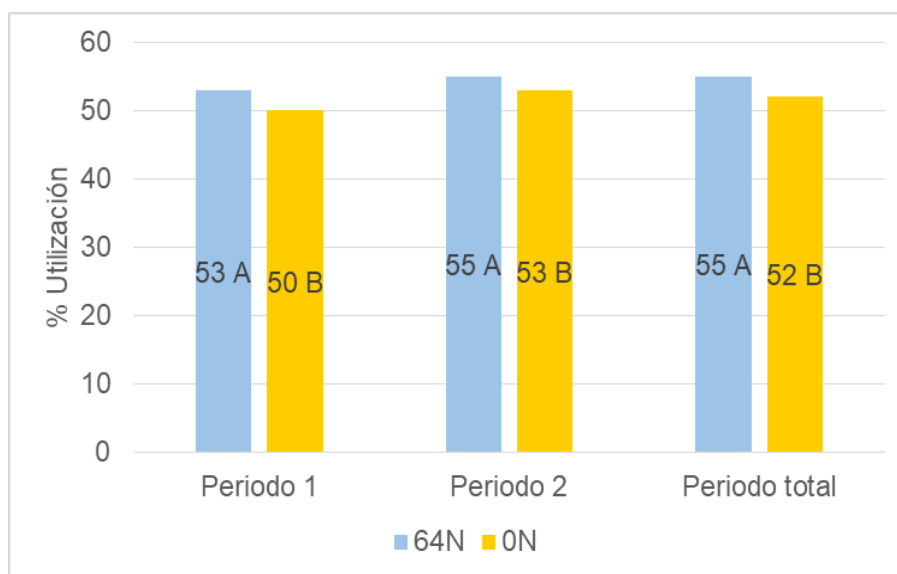
Como se puede observar, existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, determinando que en el 64 N, los kg MS ha<sup>-1</sup> desaparecidos sean mayores, ya sea en el promedio de cada período, como también, en el total.

El forraje desaparecido está determinado por el consumo de los animales, por las pérdidas por pisoteo y senescencia, y también, por la producción de forraje (Almada et al. 2007, Agustoni et al. 2008).

En este experimento, se trabajó con dotaciones iguales en ambos tratamientos y asignaciones de forraje similares. Sin embargo, las ganancias medias obtenidas difirieron entre los tratamientos. En ambos períodos, los animales pertenecientes al tratamiento 64 N tuvieron mayores ganancias medias diarias. Si bien, en el período 1 no fueron estadísticamente significativas, sí lo fueron numéricamente, mientras que en el período 2, si se diferenciaron estadísticamente. Esto conlleva a que los animales de este tratamiento sean más pesados, y por lo tanto, tengan un mayor consumo, dado que uno de los principales factores que lo afectan, es el peso vivo de los animales (NRC, 2001).

En cuanto a la producción de forraje de acuerdo al tratamiento, se encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento 64 N. Como no se posee información sobre la senescencia y pisoteo, se podrían adjudicar las diferencias encontradas en cuanto al forraje desaparecido a las dos primeras variables mencionadas, consumo y producción de forraje.

En la siguiente figura, se presentan los porcentajes de utilización obtenidos según el tratamiento, para cada período y para el total.



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

Figura No. 8. Porcentaje de utilización del forraje disponible promedio para cada tratamiento por período y total

Como se observa en la figura, el tratamiento 64 N siempre fue significativamente superior al tratamiento 0 N en cuanto al porcentaje de utilización, siguiendo de esta forma, la tendencia del forraje desaparecido. Sin embargo, numéricamente las diferencias fueron muy pequeñas.

Dicho porcentaje es una medida relativa, ya que refiere al porcentaje del disponible que fue desaparecido. Como se mencionó anteriormente, el desaparecido fue significativamente mayor en el tratamiento 64 N, y a su vez, también lo fue el disponible. Se podría pensar, que la diferencia en cuanto a los desaparecidos entre tratamientos, fue superior a las diferencias en cuanto a los disponibles, resultando en un porcentaje de utilización mayor a favor del tratamiento fertilizado.

Estas utilizaciones promedio fueron cercanas a las obtenidas por López y Olivera (2017), quienes encontraron para el período invernal en una pastura con las mismas especies, utilizaciones entre 55 - 60%. También, Agustoni et al. (2008), en una pastura de segundo año, compuesta por *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, bajo asignaciones del 4,5 y 7% del PV, encontraron porcentaje de utilización de 60 y 55, respectivamente. Chilbroste et al. (2003), para el mismo lapso de tiempo, obtuvieron un porcentaje de utilización promedio de un 49% aproximadamente, el cual se asemeja más al encontrado en el tratamiento 0 N.

Por otro lado, Gallo et al. (2015), para el período invernal, encontraron una utilización de un 21%, muy inferior a la obtenida en el presente estudio durante dicha estación, período 2.

Arenares et al. (2007), obtuvieron utilizaciones promedio de 62%. A su vez, Leborgne (1983) para una pradera, durante las estaciones que comprendieron este estudio, encontró un porcentaje de utilización promedio cercano a un 70%, siendo ambos bastante superiores a los obtenidos en este trabajo. La gran proporción de malezas, fundamentalmente C4, podría ser la responsable de los menores porcentajes de utilización encontrados en el presente estudio. Sin embargo, es importante destacar que dichas comparaciones fueron realizadas bajo diferentes condiciones. Los datos obtenidos por Arenares et al. (2007) fueron sobre una pradera de segundo año, en muy buenas condiciones, mientras que los obtenidos por Leborgne (1983) fueron realizados en Colonia.

Como se mencionó anteriormente, los períodos representan distintos momentos del año, sin embargo, numéricamente, no se observan importantes diferencias en la utilización, entre ambos períodos.

Cabe destacar la importancia de realizar un manejo adecuado en cuanto al porcentaje de utilización, ya que si éste es bajo, puede resultar en una pérdida de forraje, y por ende, un sistema poco eficiente. Mientras que, altos porcentajes de utilización tienen como consecuencia un menor remanente, como también, modificaciones en la tasa de crecimiento de la pastura, viéndose perjudicada la producción estacional y/o total de forraje (Bryan et al., Cullen et al., citados por Mattiauda et al., 2009).

#### 4.2.5 Producción de materia seca

En los siguientes puntos, se presentan los resultados promedio de las tasas de crecimiento y la producción de forraje, correspondientes a cada período analizado, y al total del experimento.

##### 4.2.5.1 Tasa de crecimiento

Como se aprecia en el siguiente cuadro, existieron diferencias estadísticamente significativas a favor del tratamiento 64 N, frente al 0 N, en la tasa de crecimiento, para ambos períodos analizados, y para el total.



Cuadro No. 12. Tasa de crecimiento promedio de la pastura para cada tratamiento, por período y total

Tratamiento	Tasa de crecimiento período 1 kg MS ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	Tasa de crecimiento período 2 kg MS ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	Tasa de crecimiento promedio kg MS ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
64	27,2 A	15 A	21 A
0	20,4 B	13 B	17 B

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

Estas diferencias podrían ser explicadas por dos motivos. El primero, es que dicho tratamiento fue el que presentó la mayor disponibilidad de forraje remanente, ya sea en kg MS ha<sup>-1</sup> como en altura, por lo que, sería de esperarse que las plantas presentes posean mayor cantidad de reservas y meristemas más diferenciados para rehacer el aparato foliar (Briske, citado por Saldanha et al., 2012). Considerando que el crecimiento puede ser representado por una curva sigmoide, en el tratamiento con agregado de fertilizante, se estaría partiendo en un “momento” del proceso de refoliación más avanzado, siendo mayor la pendiente de la curva, y mayores las tasas de incremento de materia seca aérea (Simpson y Culvenor, citados por Formoso, 1996). Esto coincide con lo mencionado por Brougham (1956), quien asevera que el aumento de la intensidad de defoliación, incrementa el período de tiempo necesario para lograr interceptar el 95% de la radiación incidente. Por otro lado, se ha de mencionar que, el aumento del forraje remanente no siempre posee efectos positivos, ya que, en caso de acumulación de material senescente, la tasa de crecimiento se verá comprometida (Chapman y Lemaire, 1993).

El segundo motivo que podría estar explicando estas diferencias, es el efecto residual de la aplicación de fertilizante nitrogenado. Es conocido el efecto positivo que posee dicho nutriente sobre la producción de materia seca (Carámbula, 2002). Sevrini y Zanoniani (2010) encontraron que mayores niveles de fertilización nitrogenada resultaron en hojas más anchas, y a su vez, la aplicación de este nutriente en invierno, resultó en hojas más largas. Lemaire y Gastal, citados por Sevrini y Zanoniani (2010), determinaron que el tamaño final de las hojas en gramíneas cespitosas depende de la relación entre la tasa de aparición foliar y la tasa de extensión foliar. De acuerdo, Gastal y Lemaire, Gastal et al., citados por Colabelli et al. (1998), ésta última, en gramíneas forrajeras, es el componente más importante en determinar el crecimiento aéreo y además, el de mayor sensibilidad a los diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

En el período 1, como se mencionó anteriormente, la fracción dominante en ambos tratamientos eran las malezas, principalmente gramíneas

anuales C4. Éstas poseen la capacidad de producir grandes volúmenes de materia seca a altas tasas de crecimiento en el verano (Wilson y Minson, 1980). Pudiendo esto, explicar las importantes tasas de crecimiento encontradas en este estudio, durante este período. Por otra parte, las diferencias entre tratamientos, podrían deberse a la promoción de estas malezas, por el incremento de nitrógeno en el suelo (Enriquez-Hidalgo et al., 2016).

En el período 2, se observa una reducción en las tasas de crecimiento en comparación con las del período anterior. Esta reducción podría ser explicada dado que, cómo se mencionó anteriormente, las malezas eran el principal factor en determinar la tasa de crecimiento durante el verano. Como éstas eran gramíneas anuales C4, además de estar culminando su ciclo de vida, las temperaturas medias durante esta época se encuentran por debajo de las óptimas para estas especies (Cooper y Tainton, 1968). Esto conlleva a una reducción de las tasas de crecimiento de las malezas y por lo tanto, de la pastura. Las tasas de crecimiento encontradas durante este período se corresponden fundamentalmente con las obtenidas por las especies sembradas, éstas son templadas, por lo que las temperaturas empiezan a ser más favorables para su crecimiento.

Entre tratamientos, si bien se encontró un efecto significativo de la aplicación de nitrógeno en cuanto a las tasas de crecimiento, numéricamente fue muy pequeño. Esto podría deberse a la distinta composición botánica de los tratamientos. Mientras que, en el 64 N domina la festuca, en el 0 N domina el trébol blanco. Ambas especies, por ser invernales, se encuentran en su estación de crecimiento, por lo tanto, ambas poseen las mayores de tasas de crecimiento, además de darse los procesos de macollaje y resiembra, pudiendo esto, reducir las diferencias entre tratamientos.

Leborgne (1983), en una pastura compuesta por las mismas especies, encontró tasas de crecimiento promedio aproximadas de 14 kg MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> para los meses que comprenden el primer período y de 13,3 kg MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> para los del segundo. Si bien, las tasas del segundo período son similares, las del primer período difieren de forma importante, siendo las del presente estudio, muy superiores. Considerando que el autor llevó a cabo el estudio en Colonia, y por tanto, bajo distintas condiciones de crecimiento de las pasturas, ya que en este departamento las temperaturas medias son inferiores, lo que podría explicar principalmente las diferencias encontradas, cómo se mencionó anteriormente, es la gran contribución que tuvieron las malezas C4 en el presente trabajo, por el ineficiente uso del ambiente durante el verano.

Sin embargo, las tasas de crecimiento obtenidas en este estudio podrían ser semejantes a las obtenidas por Santiñaque y Carámbula (1981), en una pradera compuesta por festuca, trébol blanco, lotus y paspalum. Esta última

especie es una gramínea que posee un ciclo de vida estival y metabolismo C4, pudiendo simular el rol que ejercieron las malezas en este trabajo.

#### 4.2.5.2 Producción de forraje

En el cuadro siguiente se expresa la producción de forraje en kg MS ha<sup>-1</sup> por período, como también, la total del tiempo en estudio.

Cuadro No. 13. Producción de forraje promedio total para cada tratamiento expresado en kg MS ha<sup>-1</sup> por período y total

Tratamiento	Producción de forraje período 1 kg MS ha <sup>-1</sup>	Producción de forraje período 2 kg MS ha <sup>-1</sup>	Producción de forraje total kg MS ha <sup>-1</sup>
64	2012 A	1483 A	3495 A
0	1516 B	1294 B	2809 B

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

Se observa que, claramente, la producción de forraje sigue la tendencia de la tasa de crecimiento, ya que esta última, junto con el forraje disponible son las variables que la determinan. Ésta fue significativamente superior en el tratamiento 64 N en ambos períodos y en el total. Teniendo en cuenta las variables que se consideran para el cálculo de producción, resulta esperable que fuera superior en el tratamiento con el agregado de fertilizante, ya que ambas, también fueron significativamente superiores en dicho tratamiento en todos los períodos analizados.

Por otra parte, numéricamente, también se observa que, las diferencias entre los tratamientos, fueron superiores en el período 1, en comparación con el período 2. Esto podría deberse a que, el forraje disponible y la tasa de crecimiento, también tuvieron diferencias numéricas superiores en dicho período.

Leborgne (1983), encontró para una pradera compuesta por las mismas especies, de la misma edad y para las mismas estaciones que comprendió el presente estudio, una producción total de 2900 kg MS ha<sup>-1</sup>, de la cual, aproximadamente 1500 kg MS ha<sup>-1</sup> fueron producidos los meses del período 1, y 1400 kg MS ha<sup>-1</sup> los meses del período 2. Estos valores poseen mayor semejanza con los encontrados en el tratamiento sin agregado de N en ambos períodos. En el tratamiento 64 N, en el período 1, la producción fue agrónomicamente superior, mientras que, en el período 2, se correspondió con la bibliografía consultada.

#### 4.2.6 Suelo descubierto

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de suelo descubierto promedio para cada tratamiento, en el disponible y en el remanente. La magnitud de esta variable es consecuencia del pastoreo y pisoteo, como también, de las condiciones climáticas y pérdida de especies sembradas por la edad de la pastura, principalmente leguminosas.

Se considera de importancia analizar dicha variable debido a que posee efectos negativos tanto en la pastura, como en el suelo. En la primera, altos porcentajes de suelo descubierto, podrían indicar una disminución del stand de plantas, dando lugar, a nichos para posible establecimiento de malezas, lo cual compromete la persistencia y productividad de la pastura. Presenta efectos negativos sobre el suelo, ya que aumenta la probabilidad tanto de erosión como de compactación.

Cuadro No. 14. Porcentaje de suelo descubierto en el disponible y remanente, por tratamiento, promedio total

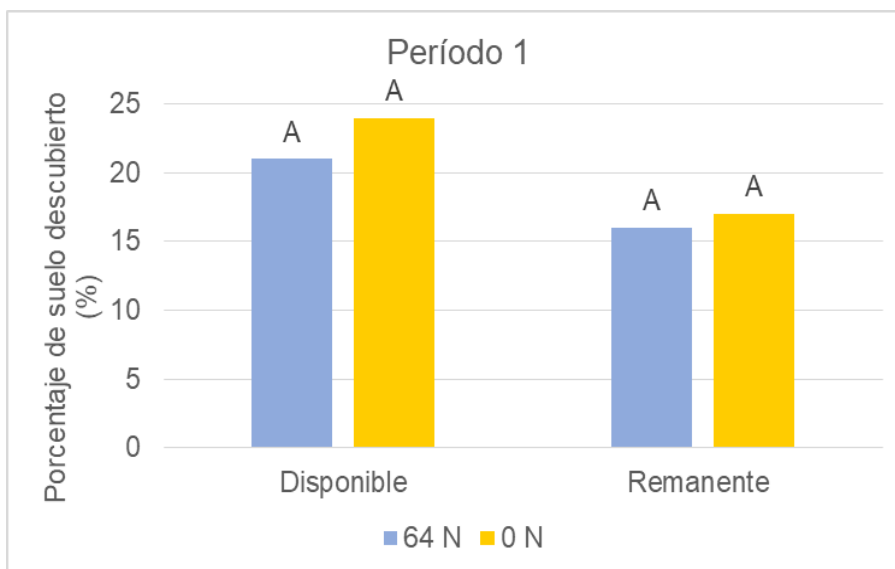
Tratamiento	Promedio	
	% SD en disponible	% SD en remanente
64 N	13 A	11 A
0 N	14 A	11 A

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

No existieron diferencias significativas entre tratamientos, y a su vez, las diferencias agronómicas entre el suelo descubierto en el disponible y en el remanente fueron muy pequeñas.

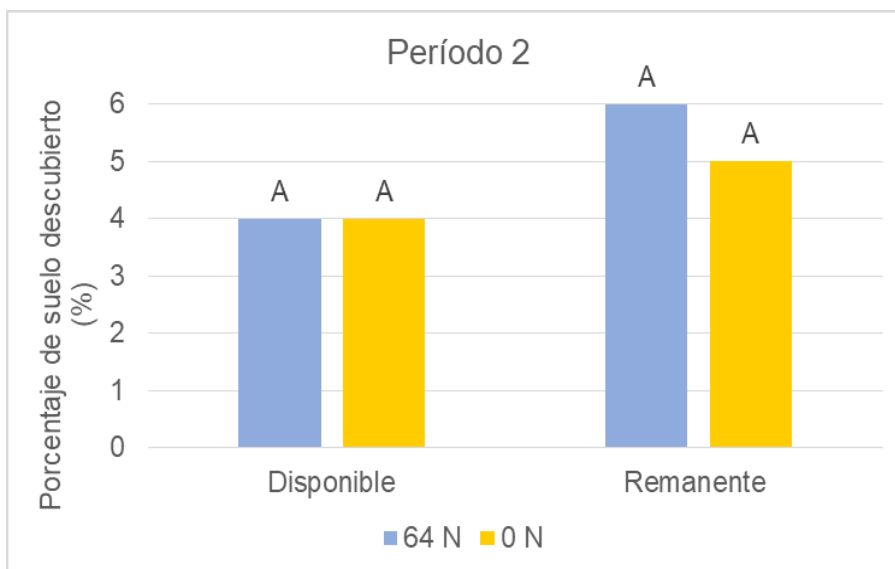
Promedialmente, el suelo descubierto no superó un 15%, por lo que se podría suponer, un correcto manejo del pastoreo, donde no se comprometen los componentes de la pastura, permitiendo una adecuada cobertura del suelo. Cabe destacar, que dicha pastura corresponde a un final del segundo - inicio del tercer año, por lo que sería esperable, que las especies sembradas empezarán a disminuir (Carámbula, 2002).

A modo de profundizar en el análisis, en las siguientes figuras se presentan los porcentajes de suelo descubierto, para cada tratamiento, por período.



Letras distintas indicam diferenças significativas entre tratamentos ( $p \leq 0,10$ ).

Figura No. 9. Porcentagem de solo descoberto em el disponível e remanente, por tratamento, para el período 1



Letras distintas indicam diferenças significativas entre tratamentos ( $p \leq 0,10$ ).

Figura No. 10. Porcentagem de solo descoberto em el disponível e remanente, por tratamento, para el período 2

En el periodo 1, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, en el disponible ni en el remanente. Como se identifica claramente en la figura No. 9, los porcentajes de suelo descubierto, numéricamente, fueron superiores en el disponible, que en el remanente. Los altos porcentajes de dicha variable, encontrados en el primero, podrían ser resultado, cómo ya se mencionó, del importante déficit hídrico estival, el cual tuvo un efecto negativo en el stand de plantas de las especies sembradas, fundamentalmente en festuca y trébol blanco. En dicho momento, las malezas eran la fracción predominante en la pastura.

La reducción de este porcentaje en el remanente, podría ser atribuible a un aumento de la fracción maleza, ya que, las especies sembradas incluso disminuyen más. Esta disminución podría deberse, a la mayor selectividad de los animales sobre las especies sembradas, reduciendo aún más, su proporción en la mezcla, favoreciendo el establecimiento de malezas. Además, esta situación podría acentuarse dadas las condiciones climáticas adversas mencionadas, durante este período, el cual coincide con un momento crítico frente a la competencia de las malezas estivales.

Sin embargo, en el periodo 2, se observa una clara recuperación de la pastura, ya que, como ya fue mencionado, este período comprende la estación de crecimiento de las especies invernales sembradas. Los porcentajes de suelo descubierto fueron reducidos de forma importante, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Además, numéricamente, disminuyen las diferencias entre el disponible y el remanente. En el disponible de este período, aumentan las fracciones de las especies sembradas, pero, en el remanente, nuevamente, vuelve a dominar la fracción maleza por sobre las primeras.

Gallo et al. (2015), en una pastura compuesta por las mismas especies durante el período invernal, registraron valores de suelo descubierto aproximados del 7 - 7,5% en el disponible y el remanente, cercanos a los obtenidos en el presente estudio.

Agustoni et al. (2008), encontraron para asignaciones de 4,5 y 7% del PV en una pradera de raigrás perenne, trébol blanco y lotus, porcentajes de suelo descubierto promedio entre 3 – 4%. De Souza y Presno (2013), obtuvieron porcentajes de suelo descubierto promedio en torno a 2 y 7% en el disponible y remanente, respectivamente, en una pradera compuesta por las mismas especies bajo una oferta de forraje de 6,5% del PV aproximadamente. Se observa una cierta inferioridad en comparación a los porcentajes de suelo descubierto promedios encontrados en este trabajo. Esto puede ser explicado por los meses que se tuvieron en cuenta para hacer el promedio. Los autores citados consideraron el periodo invierno - primaveral, donde las condiciones son favorables para el crecimiento de las especies sembradas, mientras que, en

este estudio, se consideró el período que comprende desde el final del verano a fin de invierno. Por tratarse de una mezcla la cual concentra su crecimiento fundamentalmente en invierno y primavera, es esperable que los porcentajes de suelo descubierto se incrementen en el verano, aumentando de esta forma el promedio.

#### 4.2.7 Oferta de forraje

En este punto, se evaluará la asignación de forraje, expresado en porcentaje de peso vivo, de acuerdo al tratamiento, para los dos períodos analizados, como también, para el promedio total. El cálculo de dicha variable considera el forraje disponible, la tasa de crecimiento de la pastura, los días de pastoreo, el número de animales y sus pesos promedio.

El número de animales se mantuvo constante durante todo el estudio, por lo tanto, las variaciones en la asignación de forraje podrían ser explicadas por las otras variables anteriormente mencionadas.

Cuadro No. 15. Oferta de forraje promedio para cada tratamiento expresado como porcentaje de PV, por período y total

Tratamiento	Oferta período 1 (%PV)	Oferta período 2 (%PV)	Oferta promedio (%PV)
64	7	3	4
0	7	3,4	4,5

A pesar de que no se realizó un análisis de la varianza del porcentaje de asignación, agronómicamente, no se encontraron grandes diferencias entre tratamientos. Estos, además de poseer el mismo número de animales, también poseen el mismo número de días de pastoreo, por lo que, los resultados del porcentaje de asignación, serán consecuencia del forraje disponible, la tasa de crecimiento, y el peso promedio.

Si bien, el tratamiento 64 N siempre fue significativamente superior en cuanto al forraje disponible y a la tasa de crecimiento, frente al tratamiento 0 N, agronómicamente, también lo fue en cuanto al peso promedio de los animales, llevando a igualar las asignaciones en porcentaje de PV entre tratamientos.

Entre períodos, se observa una sustancial diferencia entre las ofertas, pudiéndose ver explicada, porque en el segundo período, agronómicamente, las tasas de crecimiento fueron inferiores, y a su vez, el peso promedio de los animales, fue mayor, resultando en una disminución del porcentaje de asignación de forraje.

Zanoniani (2010) asevera que asignaciones cercanas al 6% combinan una adecuada ganancia animal, carga por superficie y producción, con una buena persistencia de pasturas compuestas por gramíneas perennes y leguminosas. De acuerdo a lo encontrado en el presente estudio, en el primer período se podría considerar una oferta que se corresponde con la mencionada por el autor, sin embargo, en el segundo período, la oferta es aproximadamente la mitad de lo recomendado, determinando a su vez, que la oferta promedio, también sea inferior.

#### 4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL

En este ítem, se presentan los resultados de producción animal, en términos de producción individual, como también, por hectárea, de los distintos tratamientos evaluados en el período experimental.

En el siguiente cuadro, se exponen los datos de los diferentes pesos de los animales y las cargas promedio con las que trabajó.

Cuadro No. 16. Peso inicial, final, promedio y carga promedio en kg ha<sup>-1</sup> de PV según tratamiento, para los períodos analizados

Período	Tratamiento	PV inicial (kg)	PV final (kg)	PV promedio (kg)	Carga (kg PV ha <sup>-1</sup> )
12/02 - 20/04	64 N	225	265	245	572
	0 N	178	205	192	476
21/04 - 31/08	64 N	265	343	304	709
	0 N	205	266	236	584
12/02 - 31/08	64 N	225	343	284	663
	0 N	178	266	222	550

Las diferencias observadas en peso vivo inicial, pueden ser explicadas por tratarse de un experimento ya iniciado, por lo que los animales ya se encontraban bajo el efecto de los distintos tratamientos.

En cuanto a la carga, las diferencias son explicadas por los pesos vivos promedio de los diferentes tratamientos, ya que en ambos, el número de animales es el mismo, 6, y el área considerada es muy similar, 2,42 y 2,57 ha (para 0 N y 64 N, respectivamente). Así mismo, las cargas manejadas en el segundo período son mayores que las del primero, explicado también por el motivo mencionado anteriormente, las diferencias en los pesos promedio de los



animales, ya que éstos fueron ganando peso durante el transcurso del experimento.

Estas consideraciones en cuanto a diferencias entre los pesos vivos y por lo tanto, también, diferentes cargas, podrían determinar diferencias en las ganancias individuales de los animales y en la producción de carne por hectárea, de cada uno de los tratamientos, lo cual será analizado a continuación.

#### 4.3.1 Ganancia media diaria por animal

En el cuadro No. 18 se muestran las ganancias medias diarias (GMD) de los dos períodos analizados y la promedio en la totalidad de la duración del experimento. La ganancia 1, hace referencia a la obtenida en el período que comprende del 12/02/20 al 20/04/20 y la ganancia 2, refiere a la obtenida durante el período 21/04/20 al 31/08/20.

Cuadro No. 17. Ganancia media diaria promedio por animal para cada tratamiento, para los diferentes períodos y para el total

Tratamiento	Gan. 1 (kg a <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	Gan. 2 (kg a <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	Gan. prom. total (kg a <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
64 N	0,59 A	0,67 A	0,64 A
0 N	0,44 A	0,38 B	0,40 B

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

Se encontraron diferencias significativas, entre los tratamientos, en la ganancia 2, como también, en la ganancia promedio para todo el período analizado a favor del tratamiento 64 N. Las diferencias en la ganancia 1 no fueron estadísticamente significativas, pudiéndose deber a que los datos obtenidos en dicho período, poseen un coeficiente de variación más alto. Agronómicamente, se podría asumir, cierta tendencia a una mayor ganancia media diaria individual en el tratamiento fertilizado.

De acuerdo Cangiano et al. (1996), aspectos relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente podrían afectar el consumo, por lo tanto, explicar los resultados obtenidos.

Entre tratamientos, las ofertas de forraje que se manejaron fueron indiferentes, por lo que, no estarían explicando las diferencias encontradas, sin embargo, la producción de forraje fue superior en el tratamiento 64 N.

En cuanto a la composición botánica del forraje ofrecido, en el periodo 1, no existieron diferencias significativas entre tratamientos en las proporciones de las diferentes fracciones, por lo que podría asumirse, que en ambos la calidad era similar.

Por otro lado, en el período 2, existieron diferencias significativas entre los tratamientos en la composición botánica. En el tratamiento 64 N, las especies sembradas predominantes fueron festuca y lotus, mientras que en el 0 N, lo fue el trébol blanco, sin embargo, se ha de considerar que en dicho período la oferta de forraje era reducida, y por lo tanto, según Kloster et al. (2003), son los factores no nutricionales los que estarían determinando el nivel de consumo.

Se podría asumir, que las diferencias obtenidas en cuanto a mayor GMD de los animales pertenecientes al tratamiento T64 se deben a factores no nutricionales, tales como producción de forraje y accesibilidad, y no tanto a factores nutricionales ya que no existieron grandes diferencias en la composición botánica entre tratamientos.

Por otro lado, entre períodos, numéricamente las diferencias observadas en cuanto a las ganancias, fueron mínimas, mientras que, las ofertas de forraje se redujeron a la mitad. Esta situación no coincide con lo mencionado por Bianchi, citado por Carriquiry et al. (2002), quien asevera que al aumentar la asignación de forraje, se incrementa las ganancias de peso, por un mayor consumo y posible selección de una dieta de mayor calidad.

En el período 1, se manejó una oferta de 7% para ambos tratamientos, por lo que, las ganancias obtenidas estuvieron por debajo de las encontradas por Zanoniani (2010), quien con ofertas del 6% determinó ganancias de 1,5 kg animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>. Por otro lado, Gallo et al. (2015), con ofertas del 7% en invierno, obtuvieron ganancias medias de 0,82 kg animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>, más aproximadas a las obtenidas en el presente estudio, sin embargo, se ha de considerar que eran distintas estaciones. Estas ganancias moderadas podrían ser explicadas por factores tanto de la pastura, como de los animales.

Por parte de la pastura, las malezas fueron predominantes durante los meses que comprenden dicho período, siendo el principal aporte a la producción de forraje. Como ya se mencionó, éstas fundamentalmente eran gramíneas C4, las cuales de acuerdo Trujillo y Uriarte (s.f.), poseen un valor nutricional generalmente inferior a las C3, además de una pérdida de calidad en períodos cortos de tiempo. Esto lleva a que las altas producciones de MS no siempre se traduzcan en incrementos de la producción animal (Wilson y Minson, 1980).

Asimismo, como se mencionó anteriormente, la temperatura también influye en la calidad de la pastura. Los efectos de esta, en cuanto al valor nutritivo del forraje, son similares al efecto del avance de la madurez. El aumento de la temperatura se traduce en un aumento de los componentes de la pared celular, y a su vez, en una reducción del pool de metabolitos en el contenido celular (Trujillo y Uriarte, s.f.). Este efecto no solo es observable en

las especies sembradas, sino que también, afecta aún más la calidad de las malezas mencionadas.

En cuanto a la parte animal, cómo ya fue mencionado, los meses correspondientes a dicho período, se caracterizan por poseer altas temperaturas, y en este caso particular, un importante déficit hídrico. De acuerdo con Arias et al. (2008), el clima afecta al ganado directa e indirectamente, modificando la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, los requerimientos de agua y energía consumida y el uso de esta. Se podrían observar cambios en el consumo de alimento, comportamiento y productividad como consecuencia de las alteraciones de los mecanismos fisiológicos y de comportamiento del animal como forma de mantener su temperatura dentro de un rango normal. Dichos cambios son acentuados bajo condiciones extremas de frío o calor, dando como resultado, reducciones en los índices productivos.

Esto coincide con lo mencionado por Simeone y Beretta (2008), quienes caracterizaron el período estival como problemático desde el punto de vista de estrés térmico y de calidad de las pasturas, en praderas compuestas fundamentalmente por especies invernales. Dichos autores aseguran que durante verano, existe una fuerte caída de la ganancia de peso vivo en vacunos en crecimiento respecto a las logradas en primavera, aún con altas asignaciones, las ganancias no superan los 0,6 - 0,7 kg animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>. Si bien, este período no se desarrolla completamente durante el verano, comprende el mes de febrero de esta estación, y a su vez, marzo, en el cual se registraron elevadas temperaturas.

Resulta importante destacar, que de acuerdo con NRC (1981), el rango de temperaturas donde los animales se encuentran en confort térmico es entre 15 y 25 °C, por lo que, a pesar de que las temperaturas medias de este período se encontraron dentro del mismo, cercanas al límite superior, existieron días en donde fue superado hasta por 5°C, pudiendo generar un aumento de los requerimientos del animal.

En el período 2, la oferta de forraje se reduce considerablemente, a valores cercanos a la mitad de los del período anterior, 3 y 3,4% de PV para el tratamiento 64 N y 0 N respectivamente, sin embargo, las ganancias medias diarias numéricamente no presentaron importantes cambios. Como ya se dio a conocer, este período comprende el final de otoño e invierno, por lo tanto, resulta esperable que la oferta forrajera se vea condicionada. Coincidiendo con lo mencionado por Simeone y Beretta (2008), que en invierno la pastura posee una buena calidad, sin embargo la disponibilidad de forraje es la principal limitante para lograr altas ganancias animales.

En el presente estudio, se observó una mejora en cuanto a la composición botánica del forraje ofrecido, como consecuencia de una clara

recuperación de las especies sembradas durante este período, en comparación con el período anterior. A su vez, la festuca y el trébol blanco son especies invernales, por lo que, en este momento, se dan las condiciones ambientales, de crecimiento y desarrollo, las cuales determinan un aumento del valor nutritivo para el ganado (Trujillo y Uriarte, s.f.). De acuerdo Waldo (1986), el consumo es el principal componente en determinar la producción animal en los sistemas pastoriles, explicando un 70% de la productividad animal, siendo el resto explicada por factores nutricionales del alimento, los cuales, afectan la eficiencia con la que son digeridos y metabolizados los nutrientes consumidos. A su vez, se ha de destacar, el cambio en la dieta al cual son sometidos los animales, ya que ingresan a una pastura de 20 cm de muy buena calidad, y a medida que transcurre el pastoreo, además de verse reducida la disponibilidad, también lo hace la calidad de forraje ofrecido.

En cuanto a los requerimientos de los animales, podrían verse aumentados dadas las temperaturas registradas en este período, ya que existieron días donde el rango inferior de temperaturas óptimas para el ganado fue superado ampliamente. Además, se ha de destacar, que los animales manejados a bajas asignaciones, aumentan el gasto energético en los procesos de cosecha, búsqueda y digestión del forraje consumido, pudiendo ser otro factor incidente en el aumento de los requerimientos (Gallo et al., 2015). Sin embargo, al considerar la altura del disponible y remanente, podría asumirse que dicho efecto tiene bajo impacto en el aumento de los requerimientos.

También se debe considerar que, si bien, las ganancias medias diarias de los animales no fueron afectadas, asignaciones bajas de forraje poseen un efecto negativo en la persistencia de la pastura (Zanoniani, 2010).

Luzardo et al. (2010) para los mismos meses, con ofertas del 2,5% encontraron ganancias de  $0,75 \text{ kg animal}^{-1}\text{día}^{-1}$  en novillos Hereford, numéricamente superiores a las encontradas en el presente trabajo con ofertas de forraje mayores.

Por último, según Agustoni et al. (2008), con asignaciones dentro del rango de 5,6 – 6,8% del PV de oferta, se combina una adecuada ganancia por animal ( $1,5 - 1,6 \text{ kg animal}^{-1}\text{día}^{-1}$ ) y por hectárea ( $530 - 500 \text{ kg ha}^{-1}$ ) con un buen comportamiento de la pastura, sin poner en riesgo la persistencia de la misma, por lo que, en este trabajo, promedialmente se estaría trabajando con ofertas inferiores a las recomendadas.

#### 4.3.2 Producción de peso vivo por animal y por hectárea

Posteriormente, se exhiben los datos de ganancia en kg de PV por animal y por hectárea promedio, durante el tiempo del experimento.

Cuadro No. 18. Ganancia promedio por animal (kg de PV) y producción (kg PV ha<sup>-1</sup>) para cada tratamiento

Tratamiento	Ganancia PV promedio por animal (kg)	Producción (kg PV ha <sup>-1</sup> )
64 N	118 A	276
0 N	87 B	217

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

Se encontraron diferencias significativas en cuanto a las ganancias promedio individuales entre los tratamientos. Estas diferencias son explicadas debido a las mayores GMD individuales de los animales pertenecientes al tratamiento 64 N, las cuales también son estadísticamente significativas.

En el tratamiento 64 N se encontró una producción de forraje significativamente superior. Esto resulta en una mayor ganancia media diaria de los animales pertenecientes al primer tratamiento, determinando una mayor carga y a su vez, una mayor producción por hectárea, con 59 kg a favor. Se deduce que la mayor carga y producción por hectárea está dada por las mayores GMD, ya que, como se mencionó anteriormente, la dotación es la misma en ambos tratamientos. Esto coincide con Scheneiter y Bertín (2005a), quienes aseveran que la fertilización con N aumenta la disponibilidad de forraje a fin de otoño y principios de invierno, permitiendo poseer una mayor carga animal sin afectar la ganancia individual. En este caso, la mayor producción de forraje del tratamiento fertilizado no solo permite mantener las GMD, sino que, incrementa dichas ganancias significativamente.

Abud et al. (2011) en una pradera de festuca, trébol blanco y lotus, durante el verano – otoño de su primer y segundo año de vida respectivamente, y con una oferta de forraje del 10,5%, obtuvieron una producción de carne promedio de 227 kg PV ha<sup>-1</sup>.

Como contraparte, Almada et al. (2007), en una pradera de raigrás perenne, trébol blanco y lotus, durante el invierno – primavera del primer año de vida, y bajo ofertas de 4,5 – 7% de PV, obtuvieron producciones de 900-700 kg PV ha<sup>-1</sup>. De la misma forma, Agustoni et al. (2008) en una pradera compuesta por las mismas especies, para el mismo período de tiempo pero durante su segundo año de vida, y bajo un manejo de iguales ofertas, obtuvieron producciones de 450 y 480 kg PV ha<sup>-1</sup>.

Es importante destacar que, si bien, dichas producciones no serían totalmente comparables dado que están calculadas sobre períodos de tiempo distintos, de igual forma, se refleja que, a la hora de determinar el rendimiento animal, la asignación de forraje se comporta de forma interdependiente con la condición de éste (Hodgson, 1984). Ya que, Abud et al. (2011) con mayores

porcentajes de asignación, obtuvieron producciones muy inferiores a las obtenidas por Almada et al. (2007), Agustoni et al. (2008) bajo manejos con menores porcentajes de oferta. Esto podría ser explicado, por las distintas estaciones que comprendieron dichos estudios, modificando el régimen de temperaturas y disponibilidad hídrica al cual se enfrentan las pasturas, siendo el verano la estación más crítica en términos de calidad de forraje ofrecido, ya que la calidad de las especies sembradas en dicho estudio, se ve afectada. A su vez, estas condiciones climáticas poseen importante efecto en el aumento de los requerimientos de los animales, resintiéndose de esta forma, la producción por animal, como por hectárea de este período. Además, se debe considerar que la oferta de forraje utilizada en el trabajo realizado por Abud et al. (2011) podría ser superior a las recomendadas, obteniendo altas ganancias individuales, pero viéndose resentida, la producción por hectárea por falta de carga animal.

Por último, Zanoniani (2010) con una asignación cercana al 6% obtuvo producciones de 600 kg PV ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> promedio para los 3 años de vida de una pastura compuesta por festuca, trébol blanco y lotus.

#### 4.4 EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN Y PRODUCCIÓN

En el siguiente cuadro, se muestran las eficiencias de utilización (kg de forraje desaparecido para producir 1 kg de PV) y eficiencias de producción (kg de forraje producido para producir 1 kg de PV) promedio obtenidas por tratamiento.

Cuadro No. 19. Eficiencia de utilización y producción de forraje según tratamiento

Tratamiento	Producción (kg PV ha <sup>-1</sup> )	Desaparecido total (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Ef. de utilización (kg MS kg PV <sup>-1</sup> )	Producción (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Ef. de producción (kg MS kg PV <sup>-1</sup> )
64 N	276	2581	9	3495	13
0 N	217	2127	10	2809	13

No existieron diferencias numéricas en cuanto a las distintas eficiencias entre tratamientos, ya que si bien, el tratamiento 64 N tuvo una mayor producción animal, lo hizo a costas de una mayor producción de forraje, como también, de un mayor forraje desaparecido.

Arenares et al. (2011), en una mezcla compuesta por festuca, trébol blanco y lotus, encontraron eficiencias de producción, promedio para el periodo invierno – primaveral, de 10 kg MS para producir 1 kg de PV, obteniendo así,

numéricamente mayores eficiencias, los autores mencionados. Dicha superioridad, podría deberse a las distintas estaciones comprendidas por ambos estudios, las cuales exponen a los animales y a la pastura a condiciones climáticas desiguales. Se podría suponer, que las diferencias, están fundamentalmente dadas por las eficiencias de producción halladas en el primer período de este estudio.

De igual forma Gallo et al. (2015) encontraron, bajo las mismas condiciones que Arenares et al. (2011), es decir, iguales especies sembradas y mismo período de tiempo, una eficiencia de utilización de 9 kg MS para producir 1 kg PV. Se ha de destacar, que si bien, estos autores también llevaron a cabo el estudio bajo mejores condiciones climáticas, obtuvieron eficiencias de utilización iguales al presente trabajo para ambos tratamientos.

En cambio, Abud et al. (2011), en una pradera compuesta por las mismas especies a las utilizadas en este trabajo y para el período estivo – otoñal, encontraron eficiencias de utilización y producción de 19 y 31 kg MS por kg PV, respectivamente. Estos resultados están por encima de los encontrados en este trabajo, reflejando de esta forma, las mayores eficiencias obtenidas en este último. Esto puede explicarse por los meses que comprendieron ambos trabajos. Si bien, este estudio considera parte del período estival, Abud et al. (2011) consideran una mayor proporción de tiempo de dicho período, donde, dadas las condiciones climáticas, la producción animal se ve resentida, y de esta forma, las diferentes eficiencias. Sumado a esto, la baja carga utilizada por estos autores, consecuencia de una baja dotación animal, trae aparejado también, ineficiencias en el uso del forraje.

Al realizarse las distintas comparaciones, se mencionaron algunos de los factores que podrían influenciar en las diferencias entre eficiencias, es importante destacar, la existencia de otras características tales como, peso, edad, estado de los animales, condiciones de pastoreo, características de la pastura y condiciones climáticas, las cuales deberían ser consideradas para realizar un análisis más objetivo.

Por último, aunque las eficiencias de producción y utilización logradas son semejantes a las obtenidas por los autores mencionados anteriormente, pudiéndose pensar, que están dentro de valores esperables, de acuerdo Cangiano et al. (1996), la forma para maximizar dichas eficiencias sería, ajustar la carga y el método de pastoreo al crecimiento de las plantas forrajeras.

#### 4.5 EFICIENCIA RESIDUAL DEL USO DEL NITRÓGENO

En el siguiente punto, se evaluarán los resultados en cuanto a las distintas eficiencias obtenidas frente al agregado de nitrógeno.

Cuadro No. 20. Eficiencia promedio de uso del N en cuanto a la producción de MS y la producción de carne

Eficiencia de uso	Promedio
kg MS kg N <sup>-1</sup>	11
kg PV kg N <sup>-1</sup>	0,9

Como se indicó anteriormente, las fertilizaciones fueron realizadas en invierno, por lo que solo es considerado el efecto residual de las aplicaciones del año anterior, y no se consideran los efectos directos de las aplicaciones invernales del mismo año. En cuanto a esto, Rebuffo (1996) no encontró efecto residual de la aplicación de N en praderas mezcla en verano, estación comprendida por parte del período en estudio.

Antes que nada, es importante destacar que las siguientes comparaciones se realizaron con información obtenida en fertilizaciones otoño – invierno- primaverales, durante el período de crecimiento de las pasturas. En este trabajo se están estudiando los efectos residuales de nitrógeno, y la información en cuanto a éstos es escasa.

Ruz y Campillo (1996), hallaron eficiencias de uso de N del orden de 18 kg MS kg N<sup>-1</sup> en praderas de gramíneas perennes. Ruz y Jahn, citados por Ruz y Campillo (1996), encontraron eficiencias que fluctuaron entorno a los 3 y 26 kg MS kg N<sup>-1</sup>. Asimismo, Rivas (2008) asevera que, respuestas entre 25 a 30 kg MS kg N<sup>-1</sup> demuestran una buena eficiencia de utilización del fertilizante.

Por otro lado, Rebuffo (1996) en el otoño - invierno del primer año de una pradera compuesta por avena, festuca, trébol blanco y lotus encontró respuestas mínimas de 10 kg MS kg N<sup>-1</sup>. Menciona respuesta de 30 – 33 kg MS kg N<sup>-1</sup> como valores máximos en gramíneas de alta producción como raigrás y avena.



#### 4.6. CONSIDERACIONES FINALES

La aplicación de fertilizante nitrogenado permitió incidir en la producción y calidad de forraje, y a su vez, en la performance animal.

Se encontraron efectos de la fertilización sobre las disponibilidades de forraje previo al ingreso de los animales, como también, en los remanentes post pastoreo. Ambas variables presentaron una correlación alta y positiva con la altura del forraje.

En cuanto a la composición botánica promedio del disponible y remanente, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las diferentes fracciones entre tratamientos, salvo en la proporción de trébol blanco, el cual se destacó en el disponible sin fertilizar.

Sin embargo, al dividir el tiempo de estudio en dos períodos, se observa una mayor variación. En el primer período, no se hallaron diferencias significativas en el disponible ni en el remanente en las diferentes fracciones entre tratamientos. Por otro lado, en el segundo período, si bien, en el remanente tampoco existieron diferencias, en el disponible sí. En el tratamiento fertilizado, predominó significativamente la festuca, mientras que en el tratamiento sin fertilizar predominó el trébol blanco. De esta forma, se acepta la hipótesis de que la fertilización nitrogenada modifica la composición botánica de las pasturas mezcla.

Es de relevancia destacar dos aspectos observados en ambos tratamientos. Por un lado, durante el período correspondiente a fin de verano e inicio de otoño, la importante incidencia de malezas, fundamentalmente, gramíneas anuales estivales C4, dado que presentan un comportamiento estacional complementario a los ciclos de las especies sembradas en la mezcla. Por otro lado, durante el segundo período, aumenta la contribución de las especies espontáneas, explicado fundamentalmente por el raigrás. Esto posee un efecto positivo en el mantenimiento de un adecuado porcentaje de selectividad relativa en gramíneas.

En cuanto a la producción de forraje, se observaron diferencias estadísticamente significativas a favor del tratamiento fertilizado, explicado por el mayor forraje disponible y a su vez, la mayor tasa de crecimiento de este tratamiento, aceptando de esta forma, la hipótesis de que el agregado de nitrógeno determina diferencias en la producción de forraje. A la vez, se destaca que la producción obtenida se encuentra dentro de los rangos esperables de acuerdo a la bibliografía citada.

Sobre el forraje desaparecido, éste fue significativamente superior en el tratamiento fertilizado, explicado fundamentalmente por la mayor producción de

materia seca mencionada anteriormente, como también, por el mayor consumo de los animales, por ser de mayor peso. De igual forma, el porcentaje de utilización siguió la misma tendencia.

Con respecto a la producción animal, los resultados hallados permiten confirmar la hipótesis de la existencia de diferencias en producción de carne, con el agregado de fertilizante nitrogenado. Si bien, las ofertas de forraje fueron similares para ambos tratamientos y promedialmente, inferiores a las recomendadas, se obtuvieron mayores ganancias medias individuales en el tratamiento fertilizado, resultando en una mayor ganancia de peso en los animales bajo este tratamiento, y por tanto, una mayor producción por hectárea, ya que la dotación en ambos tratamientos era la misma. Asimismo, es importante mencionar que, las ganancias medias obtenidas fueron adecuadas considerando la edad de la pastura, las estaciones comprendidas en el estudio, la raza y categoría animal.

Al mismo tiempo, no se encontraron grandes diferencias numéricas en las distintas eficiencias entre tratamientos, ya sea en términos de eficiencia de producción, como de utilización.

Por último, se ha de resaltar el efecto positivo de la aplicación de nitrógeno, ya que además de lograrse adecuadas eficiencias de uso residual de dicho nutriente, comparándolas con la bibliografía consultada, resultó en una mayor ganancia individual de los animales, como ya fue mencionado, permitiendo de esta forma, una mayor carga durante el período invernal, sin verse afectada la posterior productividad y persistencia de la pastura. Esta mayor carga, otorga la posibilidad de aprovechar mejor los excedentes de primavera, siendo éste el principal objetivo de las fertilizaciones invernales.

## 5. CONCLUSIONES

El efecto residual de la fertilización nitrogenada incidió en la producción de forraje, más que en la composición botánica.

A su vez, incidió en la producción de carne, explicado fundamentalmente por factores no nutricionales, principalmente por mayor producción de forraje y accesibilidad.

Por lo expresado anteriormente, se recomienda la fertilización nitrogenada durante los períodos de crecimiento de las especies C3.

## 6. RESUMEN

El principal objetivo del presente trabajo fue la evaluación de la producción de forraje, composición botánica y producción animal de una pastura durante el final del verano hasta el invierno inclusive, del segundo y tercer año de vida, en función de dos niveles de fertilización nitrogenada. El experimento fue realizado en Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni), en el departamento de Paysandú (32° 23' 31,6" S y 58° 02' 19,2" W), sobre una pradera mezcla compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. La duración del experimento fue dividida en dos períodos, donde el primero comprendió febrero – abril y el segundo mayo – agosto. Los tratamientos consistieron en dos niveles de fertilización nitrogenada (0N y 64 N). Las mezclas fueron pastoreadas con 12 novillos Holando con un peso vivo promedio de 200 kg aproximadamente, asignados al azar entre los tratamientos. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar, comprendiendo 4 bloques. Cada bloque fue subdividido en 4 parcelas, y en estas, los tratamientos se asignaron al azar, dando como resultado 2 repeticiones por bloque. El método de pastoreo fue rotativo, con un ciclo de pastoreo de 90 días de duración y un descanso de 60 días. Se encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento 64 N con respecto a las variables forraje disponible y remanente, ya sea en kg MS ha<sup>-1</sup>, como también en altura (cm). En general, el manejo de la altura promedio del remanente en ambos tratamientos podría considerarse adecuado considerando las especies que componen la mezcla y las estaciones que comprende dicho trabajo. También, se encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento fertilizando en cuanto a las variables tasa de crecimiento, producción de forraje, forraje desaparecido y porcentaje de utilización. Promedialmente, la composición botánica no presentó diferencias significativas entre tratamientos, en el disponible y remanente en la mayoría de las fracciones, salvo por el trébol blanco, el cual se encontró en mayor porcentaje en el disponible del tratamiento sin fertilizar. En ambos, la fracción malezas fue la predominante. Al analizar dicha composición de acuerdo a los diferentes períodos, se observó que si bien, en el primer periodo no existieron diferencias entre los tratamientos, en cuanto al disponible y al remanente, en el segundo periodo se encontraron diferencias importantes en el disponible, siendo la festuca la fracción predominante en el tratamiento fertilizado y el trébol blanco en el sin fertilizar. Por otro lado, en el remanente, vuelven a ser indiferentes los resultados encontrados entre tratamientos. No existieron diferencias en cuanto a las asignaciones de forraje promedio utilizadas (4 – 4,5%) presentando ambos, una oferta promedio inferior a las recomendadas. Al analizar detalladamente dichas ofertas por periodo, se observó claramente que estos valores promedio están influenciados por las

bajas ofertas utilizadas en el segundo periodo, mientras que, las utilizadas en el primero se consideran adecuadas. De igual modo, las ganancias medias diarias alcanzadas por los animales en ambos tratamientos se encontraron dentro de valores esperados, siendo significativamente mayores en el tratamiento 64 N, dando como resultado, una mayor producción por hectárea en comparación al tratamiento sin fertilizar. A su vez, no se encontraron diferencias en la eficiencia de producción y utilización de forraje entre tratamientos, estando también, ambos valores, dentro del rango esperable. Finalmente, las eficiencias de uso residual de nitrógeno halladas, ya sea en términos de producción de MS como de kg de PV, fueron adecuadas en comparación con la bibliografía citada.

Palabras clave: Nitrógeno; Producción de forraje; Mezcla forrajera; Composición botánica; Producción animal; Novillos Holando.

## 7. SUMMARY

The main aim of this study was to evaluate forage production, botanical composition and animal production of a pasture during the end of summer until winter inclusive, on the second and third year of life, according to two levels of nitrogen fertilization. The experiment was carried out at Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni), in Paysandú (32° 23’ 31,6” S y 58° 02’ 19,2” W) on a mixed pasture composed by *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus*. The duration of the whole experiment was divided into two periods, the first one was February – April and the second one May – August. The treatments consisted of two levels of nitrogen fertilization (0N and 64N). The mixtures were grazed by twelve Holstein steers whose average live weight was approximately 200 kg, and which were randomly assigned to the treatments. The experimental design used was randomly assigned full blocks, comprising four of them. Each block was subdivided into four plots and the treatments were randomly assigned to these, giving as a result two repetitions per block. The grazing method was rotative, with a grazing cycle of 90 days and rest of 60 days. Significant differences were found in the 64N treatment with respect to the variables available and residual forage, either in kg DM ha<sup>-1</sup> or in height (cm). Overall, the management of the pasture residual average height could be considered adequate taking into account the species that comprise the mixture and the seasons in which this study took place. In addition, significant differences were found in favour of the fertilized treatment with regard to the variables growth rate, forage production, missing forage and percentage of utilization. On average, the botanical composition did not show significant differences in the available and residual forage in most fractions between treatments, except for white clover, which was found in a higher percentage in the residuals of the treatment without fertilization. In both of them, the weeds fraction prevailed. Once that composition was analysed according to the different periods, it was noticed that although in the first period there were no significant differences in terms of available and residual forage among treatments, in the second period important differences were found in the available forage, being festuca the main fraction in the fertilized treatment and white clover in the one without fertilization. On the other hand, in the residuals, the results found among treatments proved to be indifferent once again. No significant differences were found in terms of the average forage allocation used (4 – 4,5%), they both presented a lower average offer than suggested. Upon close examination of those offers in each period, it was clearly demonstrated that these average values are influenced by the low offers used in the second period, while the ones used in the first period are considered adequate. Similarly, the average daily gain reached by the animals in both treatments was within the expected values, being significantly higher in

the 64N treatment. As a result, there was a higher production per hectare in comparison with the treatment without fertilizing. At the same time, no differences were found in terms of production efficiency and forage utilization between treatments, both values were found within the expected rank. Finally, the use of residual nitrogen efficiencies both in terms of production of DM and in kg of live weight, were adequate in comparison to the cited bibliography.

Key words: Nitrogen; Forage production; Forage mixture; Botanical composition; Animal production; Holstein steers.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abud, M.; Gaudenti, C.; Orticochea, V.; Puig, V. 2011. Evaluación estivo – otoñal de mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 106 p.
2. Acosta, Y. 1994. Aspectos básicos del metabolismo del nitrógeno en rumiantes. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 57-60 (Serie Técnica no. 51).
3. Agnusdei, M. 2007. Calidad nutritiva del forraje. (en línea). Agromercado Temático. no. 136:11-17. Consultado sep. 2020. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/64-calidad.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/64-calidad.pdf)
4. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efectos 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. 100 p.
5. Allegri, M. 1982. Algunas consideraciones sobre la investigación en utilización de pasturas. Miscelánea CIAAB. no. 39:1-3.
6. Almada, F.; Palacios, M.; Villalba, S.; Zipítria, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y *Lotus corniculatus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 85 p.
7. 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.



8. 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.
9. Arias, R.; Mader, T.; Escobar, P. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de Medicina Veterinaria. 40 (1):7-22.
10. Baethgen, W. 1996. El nitrógeno en los sistemas agrícola-ganaderos. In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 9-22 (Serie Técnica no. 76).
11. 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.
12. \_\_\_\_\_.; Bolton, G.; Elston, D. 1999. The effects of cutting intensity and neighbour species on plants of *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa trivialis* and *Trifolium repens*. Agronomie. 19 (6):445-456.
13. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
14. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. In: Seminario de Actualización Técnica (2005, Treinta y Tres). Manejo de campo natural. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 151).
15. Bordoli, J. 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. In: Jornada de Fertilización en Cultivos y Pasturas (1998, Concepción del Uruguay). Resúmenes de exposiciones. Concepción del Uruguay, INTA. pp. 1-9.
16. Boschetti, N.; Quintero, C.; Benavidez, R. 1996. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas consociadas en Entre Ríos Argentina. Ciencia del suelo. 14 (1):20-23.

17. Brancato, A.; Panissa, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.
18. Brougham, R. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7 (5):377-387.
19. 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).
20. Burggraaf, V.; Stevens, D.; Vibart, R. 2018. The effect of grazing state on pasture quality and implications for the New Zealand Greenhouse gas inventory: final report. (en línea). Wellington, Ministry for Primary Industries. 39 p. (MPI. Technical Paper no. 2018-74). Consultado may. 2021. Disponible en <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/32866/direct>
21. 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.
22. Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. 1996. Producción animal en pastoreo. Ciudad, INTA Balcarce. 145 p.
23. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.
24. \_\_\_\_\_. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
25. \_\_\_\_\_. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.
26. \_\_\_\_\_. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.

27. \_\_\_\_\_. 2003. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
28. \_\_\_\_\_. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
29. \_\_\_\_\_. 2008. Conclusiones integradoras. In: Seminario de Actualización Técnica (2008, Treinta y Tres). Fertilización fosfatada de pasturas en la región Este. Montevideo, INIA. pp. 131-133 (Serie Técnica no. 172).
30. Carriquiry, J.; Normey, R.; Pardiñas, P. 2002. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño – invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 88 p.
31. Chapman, D.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17<sup>th</sup>., 1993, Palmerston). Grasslands for our world. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 95-104.
32. Chaves, A.; Dos Santos, G.; Baptaglin, D.; Romeiro, A.; Pacheco, V. 2020. The effect of residual nitrogen fertilization on the yield components, forage quality, and performance of beef cattle fed on Mombaça grass. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. ago. 2020:s.p.
33. Chilbroste, P.; Ibarra, D.; Zibil, S.; Laborde, D. 2003. Proyecto alimentación-reproducción CONAPROLE 2002: informe final. Montevideo, CONAPROLE. 28 p.
34. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Lavreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 12 p.
35. Cooper, J.; Tainton, N. 1968. Light and temperature requirement for the growth of tropical and temperate grasses. Herbage Abstracts. 38 (3):167-176.

36. Cubillos, G.; Vohnout, K.; Jiménez, C. 1974. Sistemas intensivos de alimentación a pastoreo. In: Seminario sobre el Potencial para la Producción de Ganado de Carne en América Tropical (1974, Cali, Colombia). Trabajos presentados. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 125-141.
37. De la Vega, M. 2005. Criterios para la formulación de mezclas forrajeras. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20artificiales/53-mezclas\\_forrajeras.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/53-mezclas_forrajeras.pdf)
38. De Souza, P.; Presno, J. 2013. Productividad invierno - primaveral de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos Holando con distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de agronomía. 110 p.
39. Díaz, J.; García, J.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. Montevideo, Uruguay, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).
40. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 398 p.
41. Enriquez-Hidalgo, D.; Gilliland, T.; Hennessy, D. 2016. Herbage and nitrogen yields, fixation and transfer by white clover to companion grasses in grazed swards under different rates of nitrogen fertilization. *Grass Forage Science*. 71:559-574.
42. Eriksen, J.; Sjøgaard, K.; Askegaard, M.; Hansen, E. M.; Rasmussen, J. 2010. Forage legume impact on soil fertility and N balance. *Nordic Association of Agricultural Scientists Report*. no. 3:61-65.
43. Folgar, L.; Vega, G. 2013. Efecto de la dotación animal sobre la producción invierno-primaveral de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de tercer año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 116 p.

44. Formoso, F. 1993. *Lotus corniculatus* I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, Uruguay, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
45. \_\_\_\_\_. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
46. \_\_\_\_\_. 2000. Manejo de alfalfa para producción de forraje. Tecnología en alfalfa. In: Rebuffo, M.; Risso, D.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
47. \_\_\_\_\_. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, Uruguay, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182).
48. \_\_\_\_\_. 2011. Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. Producción y calidad del forraje. Efectos del estrés ambiental e interferencia de gramilla (*Cynodon dactylon*, (L) pers.). Montevideo, Uruguay, INIA. 302 p. (Serie Técnica no. 188).
49. Gallo, J.; Godoy, E.; Toneguzzo, M. 2015. Evaluación de la producción de forraje y carne de tres mezclas forrajeras de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 151 p.
50. García, A. 1994. Manejo del nitrógeno para aumentar productividad en trigo. Montevideo, Uruguay, INIA. 27 p. (Serie Técnica no. 54).
51. \_\_\_\_\_. 2004. Manejo de la fertilización con nitrógeno en trigo y su interacción con otras prácticas agronómicas. Montevideo, Uruguay, INIA. 57 p. (Serie Técnica no. 144).
52. García, F.; Ruffo, M.; Daverede, I. 1999. Fertilización de pasturas y verdes. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 1 (1):1-12.

53. \_\_\_\_\_.; Micucci, F.; Rubio, G.; Ruffo, M.; Daverede, I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana: una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. (en línea). s.n.t. 61 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7deffe669416f818032580b800647dc6/\\$FILE/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.002.002.pdf/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7deffe669416f818032580b800647dc6/$FILE/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.002.002.pdf/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.pdf)
54. García, J. 1992. Persistencia de leguminosas. *Agrociencia* (Uruguay). 2 (1):143-156.
55. \_\_\_\_\_.; Labandera, C.; Pastorini, D.; Curbelo, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp.13-18 (Serie Técnica no. 51).
56. \_\_\_\_\_. 1995a. Estructura del tapiz de pradera. Montevideo, Uruguay, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
57. \_\_\_\_\_. 1995b. Variedades de trébol blanco. Montevideo, Uruguay, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 70).
58. \_\_\_\_\_. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, Uruguay, INIA. 26 p. (Serie Técnica no.133).
59. García, S. C.; Mazzanti, A. 1993. Fertilización nitrogenada en raigrás anual cv. "Grassland Tama". *In*: Jornadas de Producción de Carne y Leche (1993, Tandil). Memorias. Tandil, Argentina, CREA. pp. 1-9.
60. González, A. 1984. Producción de silo de la pradera mixta y su fijación de nitrógeno en una explotación ganadera. *Pastos*. 14 (2):203-214.
61. Gutiérrez, F.; Calistro, E. 2013. *Festuca arundinacea* cv. INIA Aurora e INIA Fortuna, nuevos cultivares para aumentar la estabilidad de las pasturas perennes. *El Tambo*. no. 193:71-74.

62. Hernández, J. s.f. Fósforo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 89 p.
63. \_\_\_\_\_. 2008a. Métodos para estimar la disponibilidad de fósforo en los suelos. In: Seminario de Actualización Técnica (2008, Treinta y Tres). Fertilización fosfatada de pasturas en la región Este. Montevideo, INIA. pp. 7-15 (Serie Técnica no. 172).
64. \_\_\_\_\_. 2008b. Respuesta al agregado de fósforo en pasturas con leguminosas en las planicies del Este. In: Seminario de Actualización Técnica (2008, Treinta y Tres). Fertilización fosfatada de pasturas en la región Este. Montevideo, INIA. pp. 121-128 (Serie Técnica no. 172).
65. Hodgson, J. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production: in evaluation of research results. Proceedings of New Zealand Society of Animal Production. 44:99-104.
66. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2010. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 94 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2010/PubForrajerasPeriodo2010.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2010/PubForrajerasPeriodo2010.pdf)
67. \_\_\_\_\_. 2011. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 101 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2011/PubForrajerasPeriodo2011.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2011/PubForrajerasPeriodo2011.pdf)
68. \_\_\_\_\_. 2012. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 107 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2012/PubForrajerasPeriodo2012.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2012/PubForrajerasPeriodo2012.pdf)
69. \_\_\_\_\_. 2013. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 113 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2013/PubForrajerasPeriodo2013.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2013/PubForrajerasPeriodo2013.pdf)

70. \_\_\_\_\_. 2014. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 110 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2014/PubForrajerasPeriodo2014.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2014/PubForrajerasPeriodo2014.pdf)
71. \_\_\_\_\_. 2015. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 102 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2015/PubForrajerasPeriodo2015.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2015/PubForrajerasPeriodo2015.pdf)
72. \_\_\_\_\_. 2016. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 106 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2016/PubForrajerasPeriodo2016.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2016/PubForrajerasPeriodo2016.pdf)
73. \_\_\_\_\_. 2017. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 96 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2017/PubForrajerasPeriodo2017.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2017/PubForrajerasPeriodo2017.pdf)
74. \_\_\_\_\_. 2018. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 89 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2018/PubForrajerasPeriodo2018.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2018/PubForrajerasPeriodo2018.pdf)
75. \_\_\_\_\_. 2019. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 104 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2019/PubForrajerasPeriodo2019\\_FINAL.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2019/PubForrajerasPeriodo2019_FINAL.pdf)
76. \_\_\_\_\_. 2020. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 109 p. Consultado sep. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2020/PubForrajerasPeriodo2020.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2020/PubForrajerasPeriodo2020.pdf)
77. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2017. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado ago. 2020. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php>



78. \_\_\_\_\_. 2018. Mezclas forrajeras. (en línea). INIA. Sistema Ganadero Extensivo. Ficha Técnica no. 24. s.p. Consultado ago. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10700/1/Ficha-tecnica-24-Mezclas-forrajerasv2.compressed.pdf>
79. \_\_\_\_\_. 2019. Cuatro pasos para asegurar la persistencia productiva de festuca y dactylis. Revista INIA Uruguay. no. 58:9-12.
80. Jarrige, R.; Grenet, E.; Demarquilly, C.; Besle, J.M. 1995. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. *In*: Jarrige, R. ed. Nutrition des ruminants domestiques. Paris, France, INRA. pp. 25-81.
81. Jung, H.; Salhu, T. 1989. Influence of grazing pressure on energy cost of grazing by sheep on smooth brome grass. Journal of Animal Science. 67:2098-2105.
82. Kloster, A.; Latimori, N.; Amigone, M. 2003. Efecto del sistema de pastoreo y de la carga animal sobre la productividad de carne en una pastura base alfalfa. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 9 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/47-efecto\\_pastoreo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/47-efecto_pastoreo.pdf)
83. Laca, E.; Lemaire, G. 2000. Measurement sward structure. *In*: 't Mannetje, L.; Jones, R. eds. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford, United Kingdom, CABI. pp. 103-121.
84. Lantinga, E.; Keuning, J.; Groenwold, J.; Deenen, P. 1987. Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. *In*: Van Der Meer, H.; Unwin, R.; Van Dijk, T.; Ennik, G. eds. Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or waste? Dordrecht, Springer. pp. 103-117 (Developments in Plant and Soil Sciences v. 30).
85. Leborgne, R. 1983. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. 2<sup>a</sup>. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 50 p.

86. López, R.; Olivera, B. 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. 78 p.
87. Luzardo, S.; Cuadro, R.; Montossi, F.; Mederos, A.; Albernaz, F.; González, E.; Presa, O.; Lima, D.; Costales, J.; De Souza, G.; Zamit, W.; Bentancur, M. 2010. Efecto del nivel de oferta de forraje y la suplementación energética otoño-invernal en una pastura permanente sobre la performance y calidad del producto de terneros y novillos Hereford. In: Día de Campo GLENCOE (2010, Paysandú). Pasturas y producción animal. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 13-16 (Actividades de Difusión no. 619).
88. Marino, M.; Berardo, A. 2000. Fertilización fosfatada de pasturas en el Sudeste Bonaerense: efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la respuesta a fósforo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 20 (2):113-121.
89. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2007. Requerimiento y manejo de fósforo y nitrógeno en pastura de alta producción. Planteos ganaderos en siembra directa. Rosario, Argentina, AAPRESID. pp. 38-43.
90. Mattiauda, D.; Chilibroste, P.; Bentancur, O.; Soca, P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿qué niveles de producción permite y qué problemas contribuye a solucionar? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (37<sup>as</sup>., 2009, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 96-110.
91. Mejía Haro, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*. 12(3):56-63.
92. Méndez, D.; Barraco, M.; Berone, G. 2016. Fertilización nitrogenada de pastura de festuca y agropiro. In: Méndez, D. ed. Memoria técnica 2015-2016. General Villegas, INTA. pp. 67-68.

93. Moliterno, E. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia (Uruguay)*. 6(1):40-52.
94. Mombiela, F. 1986. Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. *Pastos*. 16 (1-2):27-55.
95. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. *Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).
96. Montoya, J.; Rodríguez, N. 2013. Malezas en pasturas perennes en base a alfalfa: alternativas de manejo. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 21 p. Consultado mar. 2021. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/147-Malezas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/147-Malezas.pdf)
97. Morón, A.; Baethgen, W.; Díaz, R. 1994. Materia orgánica en la rotación cultivo-pastura. Montevideo, Uruguay, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 41).
98. \_\_\_\_\_. 1996a. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. *Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 80).
99. \_\_\_\_\_. 1996b. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. *Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 80).
100. \_\_\_\_\_. 2004. Efecto de las rotaciones y el laboreo en la calidad del suelo. *In*: *Simposio Sustentabilidad de la Intensificación Agrícola en el Uruguay (2004, Mercedes, Soriano)*. Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 7-9.

101. \_\_\_\_\_. 2008. Relevamiento del estado nutricional y la fertilidad del suelo en cultivos de trébol blanco en la zona este de Uruguay. In: Seminario de Actualización Técnica (2008, Treinta y Tres). Fertilización fosfatada de pasturas en la región Este. Montevideo, INIA. pp. 17-29 (Serie Técnica no. 172).
102. Mursan, A.; Hughes, T.; Nicol, A.; Sugiura, T. 1989. The influence of sward height on the mechanics of grazing in steers and bulls. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 49:233-236.
103. NRC (National Research Council, US). 1981. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. Washington, D. C., National Academy Press. s.p.
104. \_\_\_\_\_. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup>. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 381 p.
105. Olmos, F. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región Noreste. Montevideo, Uruguay, INIA. 20 p. (Boletín de Divulgación no. 64).
106. \_\_\_\_\_. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco. Montevideo, Uruguay, INIA. 245 p. (Serie Técnica no. 145).
107. Pagliaricci, H.; Ohanian, A.; Pereyra, T.; González, S. 2002. Utilización de pasturas. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/08-utilizacion\\_de\\_pasturas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/08-utilizacion_de_pasturas.pdf)
108. Parsons, A.; Penning, P. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science*. 43 (1):15-27.
109. Perdomo, C.; Barbazán, M. s.f. Nitrógeno. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 70 p.

110. Perrachón, J. 2009. Recursos naturales: manejo del pasto. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 130:42-45.
111. Pezo, D.; García, F. 2018. Uso eficiente de fertilizantes en pasturas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 53 p. (Serie Técnica no. 98).
112. Prache, S.; Peyraud, J. 2001. Foraging behaviour and intake in temperate cultivated grasslands. *In*: International Grassland Congress (19<sup>th</sup>., 2001, São Pedro, Brasil). Proceedings. s.n.t. pp. 309-319.
113. Pravia, M. I.; Montossi, F.; Gutiérrez, D.; Ayala, W.; Andregnette, B.; Invernizzi, G.; Porcile, V. 2013. Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en predios de GIPROCAR II: ajuste del “rising plate meter” para las condiciones de Uruguay *In*: Montossi, F. eds. Invernada de precisión: pasturas, calidad de carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II). Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 31-67 (Serie Técnica no. 211).
114. Quincke, A.; Ciganda, V.; Sawchik, J.; Fernández, E.; Hirigoyen, D.; Sotelo, D.; Restaino, E.; Lapetina, J. 2019. Rotaciones cultivos pasturas INIA La Estanzuela, aprendiendo del experimento más antiguo de Latinoamérica. *Revista INIA Uruguay*. no. 59:46-60.
115. Quintero, C.; Boschetti, N.; Benavidez, R. 1997. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas implantadas en Entre Ríos Argentina. *Ciencia del Suelo*. 15 (1):1-5.
116. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2005. Manejo del fósforo en pasturas. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 5 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/09-manejo\\_del\\_fosforo\\_en\\_pasturas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/09-manejo_del_fosforo_en_pasturas.pdf)
117. Rabuffetti, A. 2017. La fertilidad del suelo y su manejo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 396 p.
118. Ramírez, A. 1974. Efecto del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada en la producción de praderas de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* (K.Schum) Pilger) Tesis Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 96 p.

119. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 27-32 (Serie Técnica no. 51).
120. Reid, D. 1961. Factors influencing the role of clover in Grassclover leys fertilizer with nitrogen at different rates. *The Journal of Agricultural Science*. 57 (2):231-236.
121. Reinoso, V.; Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado: pastoreo rotativo y en franjas. *Veterinaria*. 41 (161-162):15-24.
122. Risso, D. 1994. Consideraciones sobre el uso de nitrógeno en pasturas. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 63-65 (Serie Técnica no. 51).
123. Rivas, S. 2008. Pasturas fertilizadas para hacer eficiente la producción ganadera. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 4 p. Consultado ago. 2020. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/37-pasturas\\_fertilizada.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/37-pasturas_fertilizada.pdf)
124. Ruiz, F.; Karlovsky, J.; Ratera, C. 1974. Fertilización nitrogenada en praderas. *Pastos*. 4 (1):31-41.
125. Ruz, E.; Campillo, R. 1996. Fertilización de praderas. In: Ruiz, N. ed. Praderas para Chile. Santiago de Chile, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. pp. 220-237.
126. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv. Horizon. *Agrociencia* (Uruguay). 14(1):44-54.
127. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2012. Oferta de forraje, producción y composición de una pastura de *Lolium perenne*. *Agrociencia* (Uruguay). 16(1):150-159.

128. Santiñaque, F.; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Investigaciones Agronómicas. no. 2:16-21.
129. Sawchik, J. 2001. Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo-pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. In: Díaz Roselló, R. ed. Siembra directa en el cono Sur. Montevideo, PROCISUR/IICA. pp. 323-345.
130. Scheneiter, O.; Bertín, O. 2005a. Fertilización en pasturas mixtas. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 13 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf)
131. \_\_\_\_\_. 2005b. Manejo de pasturas de festuca alta. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/40-manejo\\_festuca.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/40-manejo_festuca.pdf)
132. Sevrini, M.; Zanoniani, M. 2010. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Bromus auleticus* Trinus en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 98 p.
133. Silveira, D. 2011. Teórico de leguminosas: género *Trifolium* y *Medicago*. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 36 p. Consultado ago. 2020. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/05%20-%20Trifolium%20y%20Medicago%202011.pdf>
134. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10<sup>a</sup>., 2008, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 12-19.
135. Soca, P.; Chilibroste, P.; De Armas, A. 2005. Impacto del manejo del pastoreo en la invernada pastoril. Resultados físicos de un experimento en predio comercial. Cangué. no. 27:15-17.

136. Sun, X.; Luo, N.; Longhurst, B.; Luo, J. 2008. Fertiliser nitrogen and factors affecting pasture responses. *The Open Agriculture Journal*. 2:35-42.
137. Tarazona, A.; Ceballos, M.; Naranjo, J.; Cuartas, C. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25 (3):473-487.
138. Trujillo, A. I.; Uriarte, G. s.f. Valor nutritivo de las pasturas. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p. Consultado mar. 2021. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uriarte.VALOR NUTRITIVO PASTURAS.pdf>
139. Undurraga, P. 2001. Fertilización de praderas, indicadores de fertilidad y nutrientes importantes. (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Serie acta no.13. 6 p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/8756/NR27172.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
140. Van Soest, P. J. 1965. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science*. 24:834-843.
141. Vaz Martins, D.; Bianchi, J. 1982. Relación entre distintos parámetros de la pastura y el comportamiento de animales en pastoreo. *Miscelánea CIAAB*. no. 39:1-16.
142. Waldo, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage - concentrate interaction. *Journal of Dairy Science*. 69 (2):617-631.
143. Wilson, J.; Minson, D. 1980. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Tropical Grasslands*. 14 (3):253-259.
144. Zamalvide, J. 1996. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo (II). In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 45-49 (Serie Técnica no. 76).



145. Zanoniani, R. A.; Noëll, S. 1997. Verdeos en invierno. (en línea). UEDY. Cartilla no. 2. s.p. Consultado sep. 2020. Disponible en <http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart2/Cart2.htm>
146. \_\_\_\_\_. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. Cangué. no. 15:13-17.
147. \_\_\_\_\_.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. Cangué. no. 25:5-11.
148. \_\_\_\_\_.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Silveira, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. *In*: Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Grupo Campos (21<sup>a</sup>., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.
149. \_\_\_\_\_. 2010. Pasturas y forrajes: estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia* (Uruguay). 14 (3):26-30.
150. \_\_\_\_\_. 2014. Productividad de pasturas sembradas con novillos Holando. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (42<sup>as</sup>., 2014, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 70-76.
151. \_\_\_\_\_., García Favre, J.; Cadenazzi, M.; Nabinger, C.; Boggiano, P. 2018. Dinámica de la producción espacial temporal de dos pasturas plantadas con especies perennes. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 26 (3-4):97-110.
152. Zibil, S.; Zanoniani, R.; Bentancur, O.; Ernst, O.; Chilibroste, P. 2016. Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. *Agro Sur*. 44 (2):45-53.

9. ANEXOS

## Anexo No. 1. Duración de los distintos pastoreos

## Duración de pastoreos por bloque para el período 1

<b>Bloque</b>	<b>Fecha de entrada</b>	<b>Fecha de salida</b>	<b>Días de pastoreo</b>
4	12/02/2020	09/03/2020	26
1	09/03/2020	27/03/2020	18
2	27/03/2020	19/04/2020	23
3	19/04/2020	04/05/2020	15

## Duración de pastoreos por bloque para el período 2

<b>Bloque</b>	<b>Fecha de entrada</b>	<b>Fecha de salida</b>	<b>Días de pastoreo</b>
4	04/05/2020	01/06/2020	28
1	01/06/2020	29/06/2020	28
2	29/06/2020	30/07/2020	31
3	30/07/2020	31/08/2020	32

## Anexo No. 2. ANAVA pastoreo primer período

ANAVA disponible kg ha<sup>-1</sup>

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. kg ha <sup>-1</sup>	16	0,98	0,97	5,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	7164057,38	4	1791014,35	115,68	<0,0001
Bloque	6459171,20	3	2153057,07	139,07	<0,0001
Nitrógeno	704886,18	1	704886,18	45,53	<0,0001
Error	170303,91	11	15482,17		
Total	7334361,29	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=111,72862

Error: 15482,1734 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	2547,39	8	43,99 A
0	2127,60	8	43,99 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA remanente kg ha<sup>-1</sup>

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. kg ha <sup>-1</sup>	16	0,96	0,95	6,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1586845,32	4	396711,33	70,76	<0,0001
Bloque	1517853,73	3	505951,24	90,25	<0,0001
Nitrógeno	68991,59	1	68991,59	12,31	0,0049
Error	61670,17	11	5606,38		
Total	1648515,49	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=67,23412

Error: 5606,3789 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	1188,36	8	26,47	A
0	1057,03	8	26,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA desaparecido  $\text{kg ha}^{-1}$

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Des. $\text{kg ha}^{-1}$	16	0,98	0,97	5,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2056118,78	4	514029,69	134,68	<0,0001
Bloque	1723103,22	3	574367,74	150,49	<0,0001
Nitrógeno	333015,56	1	333015,56	87,25	<0,0001
Error	41983,85	11	3816,71		
Total	2098102,63	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=55,47448

Error: 3816,7138 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	1359,06	8	21,84	A
0	1070,53	8	21,84	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de utilización

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% util.	16	0,74	0,64	2,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	48,50	4	12,13	7,73	0,0032
Bloque	6,25	3	2,08	1,33	0,3148
Nitrógeno	42,25	1	42,25	26,94	0,0003
Error	17,25	11	1,57		
Total	65,75	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,12447

Error: 1,5682 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	53,50	8	0,44	A
0	50,25	8	0,44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA altura del disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Alt. disp.	16	0,85	0,80	15,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	348,28	4	87,07	15,67	0,0002
Bloque	327,80	3	109,27	19,66	0,0001
Nitrógeno	20,48	1	20,48	3,68	0,0812
Error	61,13	11	5,56		
Total	409,40	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=2,11674

Error: 5,5570 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	16,81	8	0,83	A
0	14,55	8	0,83	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA altura del remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Alt. rem.	16	0,83	0,76	14,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	127,48	4	31,87	13,17	0,0004
Bloque	123,38	3	41,13	17,00	0,0002
Nitrógeno	4,10	1	4,10	1,69	0,2195
Error	26,61	11	2,42		
Total	154,09	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,39666

Error: 2,4193 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	11,04	8	0,55	A
0	10,03	8	0,55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA tasa de crecimiento

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
T. crec.	16	0,91	0,88	12,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1004,45	4	251,11	27,40	<0,0001
Bloque	820,84	3	273,61	29,85	<0,0001
Nitrógeno	183,60	1	183,60	20,03	0,0009
Error	100,81	11	9,16		
<u>Total</u>	<u>1105,26</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=2,71837

Error: 9,1648 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	27,20	8	1,07	A
0	20,43	8	1,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA producción kg ha<sup>-1</sup>

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Crec. ajust.	16	0,92	0,90	11,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5737649,75	4	1434412,44	33,84	<0,0001
Bloque	4754577,50	3	1584859,17	37,39	<0,0001
Nitrógeno	983072,25	1	983072,25	23,19	0,0005
Error	466217,25	11	42383,39		
<u>Total</u>	<u>6203867,00</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=184,86143

Error: 42383,3864 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	2012,13	8	72,79	A
0	1516,38	8	72,79	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de festuca en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% festuca	16	0,61	0,47	61,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1580,71	4	395,18	4,39	0,0231
Bloque	1578,55	3	526,18	5,84	0,0123
Nitrógeno	2,17	1	2,17	0,02	0,8795
Error	991,19	11	90,11		
<u>Total</u>	<u>2571,90</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=8,52373

Error: 90,1078 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	15,86	8	3,36	A
0	15,13	8	3,36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de trébol blanco en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% tb.	16	0,49	0,30	84,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	652,22	4	163,06	2,63	0,0920
Bloque	596,50	3	198,83	3,21	0,0658
Nitrógeno	55,73	1	55,73	0,90	0,3635
Error	681,97	11	62,00		
<u>Total</u>	<u>1334,20</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=7,07027

Error: 61,9976 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	11,19	8	2,78 A
64	7,46	8	2,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de lotus en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% lotus	16	0,49	0,31	44,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1329,10	4	332,28	2,66	0,0895
Bloque	1304,48	3	434,83	3,48	0,0539
Nitrógeno	24,63	1	24,63	0,20	0,6656
Error	1373,28	11	124,84		
<u>Total</u>	<u>2702,39</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=10,03303

Error: 124,8439 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	26,43	8	3,95 A
0	23,94	8	3,95 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de malezas en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% malezas	16	0,53	0,37	41,86



Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	4958,56	4	1239,64	3,16	0,0588
Bloque	4957,29	3	1652,43	4,21	0,0328
Nitrógeno	1,27	1	1,27	3,2E-03	0,9558
Error	4321,09	11	392,83		
<u>Total</u>	<u>9279,65</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=17,79709

Error: 392,8267 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	47,63	8	7,01 A
64	47,06	8	7,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de espontáneas en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% espontáneas	16	0,87	0,83	79,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	347,04	4	86,76	19,21	0,0001
Bloque	341,87	3	113,96	25,23	<0,0001
Nitrógeno	5,18	1	5,18	1,15	0,3074
Error	49,69	11	4,52		
<u>Total</u>	<u>396,73</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,90851

Error: 4,5174 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	3,24	8	0,75 A
0	2,10	8	0,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de suelo desnudo en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% Suelo desnudo	16	0,95	0,94	25,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	7388,50	4	1847,13	55,63	<0,0001
Bloque	7358,25	3	2452,75	73,87	<0,0001
Nitrógeno	30,25	1	30,25	0,91	0,3603
Error	365,25	11	33,20		
<u>Total</u>	<u>7753,75</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=5,17425

Error: 33,2045 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	24,00	8	2,04 A
64	21,25	8	2,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA festuca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
<u>Disp. fest. (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</u>	16	0,73	0,63	53,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1097091,75	4	274272,94	7,39	0,0038
Bloque	1031811,50	3	343937,17	9,27	0,0024
Nitrógeno	65280,25	1	65280,25	1,76	0,2116
Error	408166,25	11	37106,02		
<u>Total</u>	<u>1505258,00</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=172,96996

Error: 37106,0227 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	421,88	8	68,10 A
0	294,13	8	68,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA trébol blanco (kg ha<sup>-1</sup>) en el disponible

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
Disp. tb. (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,53	0,36	64,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	182987,25	4	45746,81	3,14	0,0594
Bloque	174660,69	3	58220,23	4,00	0,0376
Nitrógeno	8326,56	1	8326,56	0,57	0,4653
Error	160049,69	11	14549,97		
Total	343036,94	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=108,31274

Error: 14549,9716 gl: 11

Nitrógeno	Medias	n	E.E.
0	210,75	8	42,65 A
64	165,13	8	42,65 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA lotus (kg ha<sup>-1</sup>) en el disponible

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
Disp. lot. (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,63	0,49	41,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1238081,25	4	309520,31	4,61	0,0198
Bloque	1153981,25	3	384660,42	5,73	0,0131
Nitrógeno	84100,00	1	84100,00	1,25	0,2869
Error	738694,50	11	67154,05		
Total	1976775,75	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=232,69367

Error: 67154,0455 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	694,38	8	91,62 A
0	549,38	8	91,62 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA malezas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. mal. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,86	0,81	26,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5940707,75	4	1485176,94	16,49	0,0001
Bloque	5806385,50	3	1935461,83	21,49	0,0001
Nitrógeno	134322,25	1	134322,25	1,49	0,2475
Error	990596,25	11	90054,20		
Total	6931304,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=269,46383

Error: 90054,2045 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	1213,63	8	106,10 A
0	1030,38	8	106,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA espontáneas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. esp. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,97	0,96	36,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	108975,25	4	27243,81	92,76	<0,0001
Bloque	108585,19	3	36195,06	123,24	<0,0001
Nitrógeno	390,06	1	390,06	1,33	0,2736
Error	3230,69	11	293,70		
Total	112205,94	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=15,38862

Error: 293,6989 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	52,50	8	6,06	A
0	42,63	8	6,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de festuca en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% festuca	16	0,30	0,04	116,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	460,50	4	115,13	1,17	0,3747
Bloque	396,50	3	132,17	1,35	0,3095
Nitrógeno	64,00	1	64,00	0,65	0,4365
Error	1079,50	11	98,14		
<u>Total</u>	<u>1540,00</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=8,89536

Error: 98,1364 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0	10,50	8	3,50	A
64	6,50	8	3,50	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de trébol blanco en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% tb.	16	0,34	0,10	188,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	187,75	4	46,94	1,41	0,2928
Bloque	160,19	3	53,40	1,61	0,2436
Nitrógeno	27,56	1	27,56	0,83	0,3817
Error	365,19	11	33,20		
<u>Total</u>	<u>552,94</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=5,17381

Error: 33,1989 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0	4,38	8	2,04	A
64	1,75	8	2,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de lotus en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% lotus	16	0,93	0,91	20,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	432,25	4	108,06	39,38	<0,0001
Bloque	430,69	3	143,56	52,31	<0,0001
Nitrógeno	1,56	1	1,56	0,57	0,4664
Error	30,19	11	2,74		
Total	462,44	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,48753

Error: 2,7443 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0	8,50	8	0,59	A
64	7,88	8	0,59	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de malezas en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% malezas	16	0,69	0,58	25,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5179,75	4	1294,94	6,21	0,0072
Bloque	4662,19	3	1554,06	7,46	0,0053
Nitrógeno	517,56	1	517,56	2,48	0,1433
Error	2292,19	11	208,38		
Total	7471,94	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=12,96215

Error: 208,3807 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	63,13	8	5,10 A
0	51,75	8	5,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de espontáneas en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% esp.	16	0,62	0,48	163,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	82,75	4	20,69	4,49	0,0215
Bloque	82,69	3	27,56	5,98	0,0114
Nitrógeno	0,06	1	0,06	0,01	0,9094
Error	50,69	11	4,61		
Total	133,44	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,92754

Error: 4,6080 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	1,38	8	0,76 A
0	1,25	8	0,76 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de suelo desnudo en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% sd.	16	0,77	0,68	23,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	525,50	4	131,38	9,02	0,0018
Bloque	523,25	3	174,42	11,97	0,0009
Nitrógeno	2,25	1	2,25	0,15	0,7018
Error	160,25	11	14,57		
Total	685,75	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=3,42729

Error: 14,5682 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0	16,50	8	1,35	A
64	15,75	8	1,35	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA festuca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. fest. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,49	0,31	86,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	66193,75	4	16548,44	2,67	0,0887
Bloque	65423,69	3	21807,90	3,52	0,0524
Nitrógeno	770,06	1	770,06	0,12	0,7310
Error	68122,19	11	6192,93		
<u>Total</u>	<u>134315,94</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=70,66371

Error: 6192,9261 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0	98,38	8	27,82	A
64	84,50	8	27,82	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA trébol blanco ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. leg. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,37	0,14	166,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	11385,00	4	2846,25	1,64	0,2343
Bloque	10124,75	3	3374,92	1,94	0,1818
Nitrógeno	1260,25	1	1260,25	0,72	0,4130
Error	19146,75	11	1740,61		
<u>Total</u>	<u>30531,75</u>	<u>15</u>			



Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=37,46275

Error: 1740,6136 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0	34,00	8	14,75	A
64	16,25	8	14,75	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA lotus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. lot. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,94	0,92	19,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	67444,75	4	16861,19	43,34	<0,0001
Bloque	67414,50	3	22471,50	57,76	<0,0001
Nitrógeno	30,25	1	30,25	0,08	0,7855
Error	4279,25	11	389,02		
Total	71724,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=17,71071

Error: 389,0227 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	100,88	8	6,97	A
0	98,13	8	6,97	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA malezas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. mal. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,91	0,87	15,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1090684,25	4	272671,06	26,94	<0,0001
Bloque	947611,19	3	315870,40	31,21	<0,0001
Nitrógeno	143073,06	1	143073,06	14,14	0,0032
Error	111318,69	11	10119,88		
Total	1202002,94	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=90,33087

Error: 10119,8807 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	731,50	8	35,57	A
0	542,38	8	35,57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA espontáneas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. esp. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,67	0,54	148,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	3349,75	4	837,44	5,47	0,0113
Bloque	3316,69	3	1105,56	7,22	0,0060
Nitrógeno	33,06	1	33,06	0,22	0,6512
Error	1683,69	11	153,06		
Total	5033,44	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=11,10920

Error: 153,0625 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	9,75	8	4,37	A
0	6,88	8	4,37	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Anexo No. 3. ANAVA pastoreo segundo periodo

ANAVA disponible  $\text{kg ha}^{-1}$

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. $\text{kg ha}^{-1}$	16	0,96	0,94	4,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2497921,25	4	624480,31	58,50	<0,0001
Bloque	2218661,85	3	739553,95	69,28	<0,0001
Nitrógeno	279259,40	1	279259,40	26,16	0,0003
Error	117424,59	11	10674,96		
<b>Total</b>	<b>2615345,84</b>	<b>15</b>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=92,77515

Error: 10674,9625 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	2228,98	8	36,53 A
0	1964,75	8	36,53 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA remanente  $\text{kg ha}^{-1}$

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. $\text{kg ha}^{-1}$	16	0,95	0,93	4,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	486700,57	4	121675,14	53,82	<0,0001
Bloque	448353,14	3	149451,05	66,11	<0,0001
Nitrógeno	38347,43	1	38347,43	16,96	0,0017
Error	24866,70	11	2260,61		
<b>Total</b>	<b>511567,27</b>	<b>15</b>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=42,69344

Error: 2260,6088 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	1006,56	8	16,81 A
0	908,65	8	16,81 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA desaparecido  $\text{kg ha}^{-1}$

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Des. $\text{kg ha}^{-1}$	16	0,95	0,93	5,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	786363,50	4	196590,87	54,63	<0,0001
Bloque	675724,11	3	225241,37	62,60	<0,0001
Nitrógeno	110639,39	1	110639,39	30,75	0,0002
Error	39581,74	11	3598,34		
Total	825945,24	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=53,86412

Error: 3598,3402 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 1222,41 8 21,21 A

0 1056,10 8 21,21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de utilización

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% util.	16	0,71	0,61	1,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	31,25	4	7,81	6,88	0,0050
Bloque	6,25	3	2,08	1,83	0,1994
Nitrógeno	25,00	1	25,00	22,00	0,0007
Error	12,50	11	1,14		
Total	43,75	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,95721

Error: 1,1364 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 55,13 8 0,38 A

0 52,63 8 0,38 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA altura del disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Alt. disp.	16	0,95	0,93	5,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	164,48	4	41,12	51,62	<0,0001
Bloque	149,08	3	49,69	62,39	<0,0001
Nitrógeno	15,41	1	15,41	19,34	0,0011
Error	8,76	11	0,80		
<u>Total</u>	<u>173,24</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,80140

Error: 0,7965 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 18,56 8 0,32 A

0 16,60 8 0,32 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA altura del remanente

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> aj. CV

Alt. rem. 16 0,95 0,94 4,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	33,55	4	8,39	57,77	<0,0001
Bloque	30,91	3	10,30	70,97	<0,0001
Nitrógeno	2,64	1	2,64	18,19	0,0013
Error	1,60	11	0,15		
<u>Total</u>	<u>35,14</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,34213

Error: 0,1452 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 8,39 8 0,13 A

0 7,58 8 0,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA tasa de crecimiento

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> aj. CV

T. crec. 16 0,53 0,36 10,73

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	28,16	4	7,04	3,15	0,0590
Bloque	12,36	3	4,12	1,84	0,1974
Nitrógeno	15,80	1	15,80	7,07	0,0222
Error	24,57	11	2,23		
<b>Total</b>	<b>52,73</b>	<b>15</b>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,34206

Error: 2,2338 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	14,93	8	0,53 A
0	12,94	8	0,53 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA producción kg ha<sup>-1</sup>

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Crec. ajus.	16	0,74	0,65	10,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	712014,25	4	178003,56	7,94	0,0029
Bloque	567804,19	3	189268,06	8,44	0,0034
Nitrógeno	144210,06	1	144210,06	6,43	0,0276
Error	246545,19	11	22413,20		
<b>Total</b>	<b>958559,44</b>	<b>15</b>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=134,43130

Error: 22413,1989 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	1482,63	8	52,93 A
0	1292,75	8	52,93 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de festuca en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% festuca	16	0,66	0,53	21,05

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	552,25	4	138,06	5,25	0,0130
Bloque	356,25	3	118,75	4,51	0,0269
Nitrógeno	196,00	1	196,00	7,45	0,0196
Error	289,50	11	26,32		
<u>Total</u>	<u>841,75</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=4,60656

Error: 26,3182 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	27,88	8	1,81	A
0	20,88	8	1,81	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de trébol blanco en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% tb.	16	0,78	0,70	12,01

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	404,75	4	101,19	9,58	0,0014
Bloque	289,19	3	96,40	9,13	0,0025
Nitrógeno	115,56	1	115,56	10,94	0,0070
Error	116,19	11	10,56		
<u>Total</u>	<u>520,94</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,91831

Error: 10,5625 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0	29,75	8	1,15	A
64	24,38	8	1,15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de lotus en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% lotus	16	0,53	0,36	50,72

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	79,25	4	19,81	3,08	0,0626
Bloque	49,00	3	16,33	2,54	0,1101
Nitrógeno	30,25	1	30,25	4,70	0,0529
Error	70,75	11	6,43		
<u>Total</u>	<u>150,00</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,27727

Error: 6,4318 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 6,38 8 0,90 A

0 3,63 8 0,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de malezas en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% malezas	16	0,50	0,32	32,21

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	443,25	4	110,81	2,79	0,0800
Bloque	316,69	3	105,56	2,66	0,1001
Nitrógeno	126,56	1	126,56	3,19	0,1017
Error	436,69	11	39,70		
<u>Total</u>	<u>879,94</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=5,65767

Error: 39,6989 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 22,38 8 2,23 A

0 16,75 8 2,23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de espontáneas en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% espontáneas	16	0,65	0,52	36,24



Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	770,25	4	192,56	5,04	0,0149
Bloque	747,69	3	249,23	6,52	0,0085
Nitrógeno	22,56	1	22,56	0,59	0,4586
Error	420,69	11	38,24		
<u>Total</u>	<u>1190,94</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=5,55305

Error: 38,2443 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	18,25	8	2,19 A
0	15,88	8	2,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de suelo desnudo en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% sd.	16	0,82	0,75	19,84

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	29,25	4	7,31	12,38	0,0005
Bloque	28,25	3	9,42	15,94	0,0003
Nitrógeno	1,00	1	1,00	1,69	0,2199
Error	6,50	11	0,59		
<u>Total</u>	<u>35,75</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,69025

Error: 0,5909 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	4,13	8	0,27 A
64	3,63	8	0,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA festuca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
<u>Disp. gram. (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</u>	<u>16</u>	<u>0,82</u>	<u>0,75</u>	<u>22,20</u>

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	684540,25	4	171135,06	12,15	0,0005
Bloque	471558,00	3	157186,00	11,16	0,0012
Nitrógeno	212982,25	1	212982,25	15,13	0,0025
Error	154885,75	11	14080,52		
<u>Total</u>	<u>839426,00</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=106,55108

Error: 14080,5227 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 649,88 8 41,95 A

0 419,13 8 41,95 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA trébol blanco ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
<u>Disp. leg. (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</u>	<u>16</u>	<u>0,88</u>	<u>0,83</u>	<u>13,29</u>

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	455837,75	4	113959,44	19,29	0,0001
Bloque	444227,69	3	148075,90	25,06	<0,0001
Nitrógeno	11610,06	1	11610,06	1,97	0,1886
Error	64990,69	11	5908,24		
<u>Total</u>	<u>520828,44</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=69,02044

Error: 5908,2443 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0 605,13 8 27,18 A

64 551,25 8 27,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA lotus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
<u>Disp. leg. (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</u>	<u>16</u>	<u>0,49</u>	<u>0,30</u>	<u>45,47</u>

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	22355,25	4	5588,81	2,63	0,0920
Bloque	8194,25	3	2731,42	1,29	0,3278
Nitrógeno	14161,00	1	14161,00	6,66	0,0255
Error	23376,50	11	2125,14		
<u>Total</u>	<u>45731,75</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=41,39443

Error: 2125,1364 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	131,13	8	16,30 A
0	71,63	8	16,30 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA malezas (kg ha<sup>-1</sup>) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. malezas (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,35	0,12	27,81

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	73446,75	4	18361,69	1,50	0,2680
Bloque	2291,19	3	763,73	0,06	0,9786
Nitrógeno	71155,56	1	71155,56	5,82	0,0345
Error	134526,69	11	12229,70		
<u>Total</u>	<u>207973,44</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=99,30163

Error: 12229,6989 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	464,38	8	39,10 A
0	331,00	8	39,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA espontáneas (kg ha<sup>-1</sup>) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Esp. (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,51	0,33	31,21

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	124724,50	4	31181,13	2,85	0,0760
Bloque	60968,25	3	20322,75	1,86	0,1952
Nitrógeno	63756,25	1	63756,25	5,83	0,0344
Error	120339,25	11	10939,93		
<u>Total</u>	<u>245063,75</u>	<u>15</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=93,91950

Error: 10939,9318 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	398,25	8	36,98 A
0	272,00	8	36,98 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de festuca en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% festuca	15	0,35	0,10	16,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	21,19	4	5,30	1,37	0,3103
Bloque	8,31	3	2,77	0,72	0,5632
Nitrógeno	10,37	1	10,37	2,69	0,1320
Error	38,55	10	3,85		
<u>Total</u>	<u>59,73</u>	<u>14</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,84165

Error: 3,8545 gl: 10

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	13,00	8	0,69 A
0	11,32	7	0,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de trébol blanco en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% tb.	15	0,79	0,71	35,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	111,79	4	27,95	9,46	0,0020
Bloque	111,04	3	37,01	12,53	0,0010
Nitrógeno	2,45	1	2,45	0,83	0,3835
Error	29,55	10	2,95		
Total	141,33	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,61237

Error: 2,9545 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

0 4,94 7 0,66 A

64 4,13 8 0,61 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de lotus en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% lotus	15	0,96	0,95	15,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2150,69	4	537,67	68,02	<0,0001
Bloque	2132,38	3	710,79	89,92	<0,0001
Nitrógeno	1,70	1	1,70	0,22	0,6523
Error	79,05	10	7,90		
Total	2229,73	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,63730

Error: 7,9045 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

0 18,18 7 1,08 A

64 17,50 8 0,99 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de malezas en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% malezas	15	0,97	0,95	8,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2818,25	4	704,56	74,41	<0,0001
Bloque	2814,25	3	938,08	99,08	<0,0001
Nitrógeno	16,73	1	16,73	1,77	0,2132
Error	94,68	10	9,47		
Total	2912,93	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,88638

Error: 9,4682 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

0 35,39 7 1,18 A

64 33,25 8 1,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de espontáneas en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% esp.	15	0,69	0,56	25,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	141,42	4	35,35	5,51	0,0132
Bloque	135,25	3	45,08	7,02	0,0080
Nitrógeno	6,82	1	6,82	1,06	0,3270
Error	64,18	10	6,42		
Total	205,60	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,37644

Error: 6,4182 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

64 11,00 8 0,90 A

0 9,64 7 0,97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de suelo desnudo en el remanente

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
% sd.	15	0,59	0,43	22,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22,11	4	5,53	3,63	0,0447
Bloque	18,50	3	6,17	4,05	0,0400
Nitrógeno	1,94	1	1,94	1,27	0,2854
Error	15,23	10	1,52		
Total	37,33	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,15753

Error: 1,5227 gl: 10

Nitrógeno	Medias	n	E.E.
64	6,13	8	0,44 A
0	5,40	7	0,47 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA festuca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el remanente

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj.	CV
Rem. gram. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	15	0,73	0,62	19,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14508,69	4	3627,17	6,77	0,0066
Bloque	10138,38	3	3379,46	6,31	0,0113
Nitrógeno	3370,37	1	3370,37	6,29	0,0310
Error	5359,05	10	535,90		
Total	19867,73	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=21,71521

Error: 535,9045 gl: 10

Nitrógeno	Medias	n	E.E.
64	133,50	8	8,18 A
0	103,18	7	8,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA trébol blanco (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
Rem. leg. (kg ha <sup>-1</sup> )	15	0,80	0,72	37,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10780,11	4	2695,03	9,79	0,0017
Bloque	10768,20	3	3589,40	13,04	0,0009
Nitrógeno	168,19	1	168,19	0,61	0,4526
Error	2753,23	10	275,32		
Total	13533,33	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=15,56472

Error: 275,3227 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

0 45,27 7 6,38 A

64 38,50 8 5,87 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA lotus (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj.	CV
Rem. lotus (kg ha <sup>-1</sup> )	15	0,89	0,84	18,74

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	62095,23	4	15523,81	19,33	0,0001
Bloque	62082,36	3	20694,12	25,76	0,0001
Nitrógeno	297,00	1	297,00	0,37	0,5567
Error	8032,50	10	803,25		
Total	70127,73	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=26,58555

Error: 803,2500 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

64 155,00 8 10,02 A

0 146,00 7 10,89 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)



ANAVA malezas (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. malezas (kg ha <sup>-1</sup> )	15	0,96	0,95	11,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	435846,11	4	108961,53	63,02	<0,0001
Bloque	433360,36	3	144453,45	83,54	<0,0001
Nitrógeno	425,52	1	425,52	0,25	0,6306
Error	17291,23	10	1729,12		
Total	453137,33	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=39,00616

Error: 1729,1227 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

64 354,38 8 14,70 A

0 343,60 7 15,98 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA espontáneas (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. esp. (kg ha <sup>-1</sup> )	15	0,43	0,20	27,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5037,96	4	1259,49	1,88	0,1907
Bloque	2185,22	3	728,41	1,09	0,3987
Nitrógeno	2461,36	1	2461,36	3,67	0,0843
Error	6701,64	10	670,16		
Total	11739,60	14			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=24,28347

Error: 670,1636 gl: 10

Nitrógeno Medias n E.E.

64 107,50 8 9,15 A

0 81,59 7 9,95 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Anexo No. 4. ANAVA total período de estudio

ANAVA disponible kg ha<sup>-1</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
Disp. kg ha <sup>-1</sup>	16	0,98	0,97	4,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4327474,27	4	1081868,57	130,86	<0,0001
Bloque	3859584,07	3	1286528,02	155,61	<0,0001
Nitrógeno	467890,20	1	467890,20	56,59	<0,0001
Error	90942,33	11	8267,48		
Total	4418416,60	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=81,64605

Error: 8267,4847 gl: 11

Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
64	2388,16	8	32,15	A
0	2046,15	8	32,15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA remanente kg ha<sup>-1</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
Rem. kg ha <sup>-1</sup>	16	0,97	0,96	5,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	912293,22	4	228073,31	82,79	<0,0001
Bloque	859726,20	3	286575,40	104,02	<0,0001
Nitrógeno	52567,03	1	52567,03	19,08	0,0011
Error	30304,62	11	2754,97		
Total	942597,84	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=47,13099

Error: 2754,9652 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	1097,46	8	18,56	A
0	982,83	8	18,56	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA desaparecido total kg ha<sup>-1</sup>

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Desap. kg ha <sup>-1</sup>	16	0,98	0,98	3,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5150611,25	4	1287652,81	161,09	<0,0001
Bloque	4323421,00	3	1441140,33	180,29	<0,0001
Nitrógeno	827190,25	1	827190,25	103,48	<0,0001
Error	87928,75	11	7993,52		
Total	5238540,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=80,28189

Error: 7993,5227 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	2581,38	8	31,61	A
0	2126,63	8	31,61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de utilización

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% util.	16	0,79	0,72	1,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	38,75	4	9,69	10,46	0,0010
Bloque	5,69	3	1,90	2,05	0,1657
Nitrógeno	33,06	1	33,06	35,70	0,0001
Error	10,19	11	0,93		
Total	48,94	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,86414

Error: 0,9261 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	54,50	8	0,34	A
0	51,63	8	0,34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA altura del disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Alt. disp.	16	0,90	0,87	7,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	166,39	4	41,60	25,92	<0,0001
Bloque	148,32	3	49,44	30,81	<0,0001
Nitrógeno	18,06	1	18,06	11,26	0,0064
Error	17,65	11	1,60		
Total	184,04	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,13751

Error: 1,6048 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	17,70	8	0,45	A
0	15,58	8	0,45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA altura del remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Alt. rem.	16	0,76	0,67	8,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	20,57	4	5,14	8,60	0,0021
Bloque	17,33	3	5,78	9,66	0,0020
Nitrógeno	3,24	1	3,24	5,42	0,0400
Error	6,58	11	0,60		
Total	27,14	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,69422

Error: 0,5977 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	9,70	8	0,27	A
0	8,80	8	0,27	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA tasa de crecimiento

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
T. crec.	16	0,92	0,89	8,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	294,66	4	73,66	31,08	<0,0001
Bloque	217,22	3	72,41	30,54	<0,0001
Nitrógeno	77,44	1	77,44	32,67	0,0001
Error	26,07	11	2,37		
<u>Total</u>	<u>320,73</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,38250

Error: 2,3705 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	21,08	8	0,54	A
0	16,68	8	0,54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA producción kg ha<sup>-1</sup>

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Crec. ajust.	16	0,93	0,91	6,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5961594,75	4	1490398,69	37,99	<0,0001
Bloque	4080582,50	3	1360194,17	34,67	<0,0001
Nitrógeno	1881012,25	1	1881012,25	47,95	<0,0001
Error	431511,25	11	39228,30		
<u>Total</u>	<u>6393106,00</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=177,84768

Error: 39228,2955 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	3494,88	8	70,03	A
0	2809,13	8	70,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de festuca en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% fest.	16	0,54	0,38	34,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	645,00	4	161,25	3,28	0,0532
Bloque	588,75	3	196,25	3,99	0,0378
Nitrógeno	56,25	1	56,25	1,14	0,3077
Error	540,75	11	49,16		
<u>Total</u>	<u>1185,75</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=6,29579

Error: 49,1591 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	22,00	8	2,48	A
0	18,25	8	2,48	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de trébol blanco en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
%tb.	16	0,60	0,46	22,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	283,50	4	70,88	4,20	0,0263
Bloque	202,50	3	67,50	4,00	0,0376
Nitrógeno	81,00	1	81,00	4,80	0,0508
Error	185,50	11	16,86		
<u>Total</u>	<u>469,00</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=3,68743

Error: 16,8636 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0 20,50 8 1,45 A

64 16,00 8 1,45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de lotus en el disponible

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj. CV

% lotus 16 0,41 0,19 37,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 250,50 4 62,63 1,89 0,1824

Bloque 225,50 3 75,17 2,27 0,1374

Nitrógeno 25,00 1 25,00 0,75 0,4036

Error 364,50 11 33,14

Total 615,00 15

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=5,16893

Error: 33,1364 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 16,50 8 2,04 A

0 14,00 8 2,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de malezas en el disponible

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj. CV

% malezas 16 0,54 0,38 30,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 1427,25 4 356,81 3,29 0,0527

Bloque 1402,25 3 467,42 4,31 0,0306

Nitrógeno 25,00 1 25,00 0,23 0,6405

Error 1192,50 11 108,41

Total 2619,75 15

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=9,34935

Error: 108,4091 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	34,88	8	3,68 A
0	32,38	8	3,68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de espontáneas en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% esp.	16	0,88	0,84	24,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	513,25	4	128,31	20,60	<0,0001
Bloque	504,25	3	168,08	26,99	<0,0001
Nitrógeno	9,00	1	9,00	1,45	0,2545
Error	68,50	11	6,23		
Total	581,75	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=2,24077

Error: 6,2273 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	10,88	8	0,88 A
0	9,38	8	0,88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de suelo desnudo en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
% sd.	16	0,96	0,94	21,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2008,50	4	502,13	59,23	<0,0001
Bloque	1996,25	3	665,42	78,49	<0,0001
Nitrógeno	12,25	1	12,25	1,45	0,2546
Error	93,25	11	8,48		
Total	2101,75	15			



Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,61443

Error: 8,4773 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0	14,25	8	1,03	A
64	12,50	8	1,03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA festuca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. fest. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,74	0,65	30,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	629767,25	4	157441,81	7,85	0,0030
Bloque	494894,69	3	164964,90	8,22	0,0038
Nitrógeno	134872,56	1	134872,56	6,72	0,0250
Error	220681,19	11	20061,93		
Total	850448,44	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=127,18468

Error: 20061,9261 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	549,00	8	50,08	A
0	365,38	8	50,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA trébol blanco ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. tb. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,70	0,60	19,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	159182,00	4	39795,50	6,57	0,0059
Bloque	151613,00	3	50537,67	8,34	0,0036
Nitrógeno	7569,00	1	7569,00	1,25	0,2875
Error	66649,00	11	6059,00		
Total	225831,00	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=69,89546

Error: 6059,0000 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0 420,50 8 27,52 A

64 377,00 8 27,52 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA lotus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj. CV

Disp. lot. ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 16 0,63 0,49 34,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 266130,50 4 66532,63 4,60 0,0199

Bloque 231534,50 3 77178,17 5,34 0,0163

Nitrógeno 34596,00 1 34596,00 2,39 0,1502

Error 159034,50 11 14457,68

Total 425165,00 15

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=107,96868

Error: 14457,6818 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 395,75 8 42,51 A

0 302,75 8 42,51 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA malezas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj. CV

Disp. mal. ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 16 0,81 0,75 21,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 1249637,75 4 312409,44 11,99 0,0005

Bloque 1170536,19 3 390178,73 14,98 0,0003

Nitrógeno 79101,56 1 79101,56 3,04 0,1092

Error 286515,19 11 26046,84

Total 1536152,94 15

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=144,91921

Error: 26046,8352 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	806,25	8	57,06 A
0	665,63	8	57,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA espontáneas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el disponible

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Disp. esp. ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	16	0,78	0,70	24,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	87979,75	4	21994,94	9,72	0,0013
Bloque	57267,19	3	19089,06	8,44	0,0034
Nitrógeno	30712,56	1	30712,56	13,58	0,0036
Error	24883,19	11	2262,11		
Total	112862,94	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=42,70760

Error: 2262,1080 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	240,75	8	16,82 A
0	153,13	8	16,82 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de festuca en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% festuca	16	0,21	0,00	55,05

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	93,42	4	23,36	0,74	0,5863
Bloque	89,72	3	29,91	0,94	0,4531
Nitrógeno	3,71	1	3,71	0,12	0,7389
Error	348,91	11	31,72		
<u>Total</u>	<u>442,33</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=5,05720

Error: 31,7193 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0 10,71 8 1,99 A

64 9,75 8 1,99 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de trébol blanco en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
<u>% tb.</u>	<u>16</u>	<u>0,57</u>	<u>0,42</u>	<u>69,40</u>

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	109,56	4	27,39	3,71	0,0379
Bloque	93,63	3	31,21	4,23	0,0323
Nitrógeno	15,93	1	15,93	2,16	0,1698
Error	81,20	11	7,38		
<u>Total</u>	<u>190,76</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=2,43967

Error: 7,3818 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0 4,91 8 0,96 A

64 2,92 8 0,96 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de lotus en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
<u>% lotus</u>	<u>16</u>	<u>0,89</u>	<u>0,85</u>	<u>15,09</u>

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	350,01	4	87,50	22,58	<0,0001
Bloque	348,30	3	116,10	29,96	<0,0001
Nitrógeno	1,71	1	1,71	0,44	0,5202
Error	42,62	11	3,87		
<u>Total</u>	<u>392,63</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,76752

Error: 3,8747 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0 13,38 8 0,70 A

64 12,72 8 0,70 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA porcentaje de malezas en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
<u>% malezas</u>	<u>16</u>	<u>0,72</u>	<u>0,61</u>	<u>16,16</u>

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1560,75	4	390,19	6,99	0,0047
Bloque	1488,50	3	496,17	8,89	0,0028
Nitrógeno	72,25	1	72,25	1,29	0,2795
Error	614,25	11	55,84		
<u>Total</u>	<u>2175,00</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=6,71003

Error: 55,8409 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 48,38 8 2,64 A

0 44,13 8 2,64 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA porcentaje de espontáneas en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
<u>% espont.</u>	<u>16</u>	<u>0,77</u>	<u>0,69</u>	<u>29,93</u>

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	109,11	4	27,28	9,34	0,0015
Bloque	105,73	3	35,24	12,07	0,0008
Nitrógeno	3,38	1	3,38	1,16	0,3052
Error	32,12	11	2,92		
<u>Total</u>	<u>141,22</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,53430

Error: 2,9196 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 6,17 8 0,60 A

0 5,25 8 0,60 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA porcentaje de suelo desnudo en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
% sd.	16	0,75	0,66	19,88

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	159,75	4	39,94	8,26	0,0025
Bloque	159,69	3	53,23	11,01	0,0012
Nitrógeno	0,06	1	0,06	0,01	0,9115
Error	53,19	11	4,84		
<u>Total</u>	<u>212,94</u>	<u>15</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,97450

Error: 4,8352 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 11,13 8 0,78 A

0 11,00 8 0,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

ANAVA festuca (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. gram. (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,45	0,25	45,25

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	19643,25	4	4910,81	2,23	0,1318
Bloque	19202,25	3	6400,75	2,91	0,0823
Nitrógeno	441,00	1	441,00	0,20	0,6630
Error	24190,50	11	2199,14		
Total	43833,75	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=42,10896

Error: 2199,1364 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64 108,88 8 16,58 A

0 98,38 8 16,58 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA trébol blanco (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. tb. (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,61	0,47	59,77

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	7442,25	4	1860,56	4,28	0,0249
Bloque	6542,25	3	2180,75	5,02	0,0197
Nitrógeno	900,00	1	900,00	2,07	0,1779
Error	4779,50	11	434,50		
Total	12221,75	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=18,71731

Error: 434,5000 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

0 42,38 8 7,37 A

64 27,38 8 7,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA lotus (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. lotus (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,77	0,69	15,89

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	14822,25	4	3705,56	9,32	0,0015
Bloque	14717,19	3	4905,73	12,34	0,0008
Nitrógeno	105,06	1	105,06	0,26	0,6173
Error	4371,69	11	397,43		
Total	19193,94	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=17,90098

Error: 397,4261 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	128,00	8	7,05 A
0	122,88	8	7,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

ANAVA malezas (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. malezas (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,96	0,94	10,14

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	602739,75	4	150684,94	60,02	<0,0001
Bloque	564519,50	3	188173,17	74,95	<0,0001
Nitrógeno	38220,25	1	38220,25	15,22	0,0025
Error	27617,25	11	2510,66		
Total	630357,00	15			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=44,99273

Error: 2510,6591 gl: 11

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	543,13	8	17,72 A
0	445,38	8	17,72 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)



ANAVA espontáneas (kg ha<sup>-1</sup>) en el remanente

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> aj.</u>	<u>CV</u>
Rem. esp. (kg ha <sup>-1</sup> )	16	0,57	0,41	27,52

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	2798,75	4	699,69	3,63	0,0403
Bloque	1758,69	3	586,23	3,04	0,0744
Nitrógeno	1040,06	1	1040,06	5,40	0,0403
Error	2119,19	11	192,65		
Total	4917,94	15			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=12,46341

Error: 192,6534 gl: 11

Nitrógeno Medias n E.E.

64	58,50	8	4,91	A
0	42,38	8	4,91	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Anexo No. 5. Ganancias medias novillos

Ganancias medias período 1

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Ganancia	12	0,82	0,78	10,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>Coef.</u>
Modelo	0,11	2	0,06	20,31	0,0005	
Tratamiento	0,01	1	0,01	1,81	0,2115	
15-feb	5,6E-04	1	5,6E-04	0,20	0,6639	1,0E-03
Error	0,02	9	2,8E-03			
Total	0,14	11				

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,05575

Error: 0,0028 gl: 9

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64 N	0,59	6	0,06	A
0 N	0,44	6	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Ganancias medias período 2

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Ganancia	12	0,95	0,94	3,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>Coef.</u>
Modelo	0,06	2	0,03	80,67	<0,0001	
Tratamiento	0,02	1	0,02	52,01	0,0001	
15-feb	0,01	1	0,01	16,03	0,0031	-3,3E-03
Error	3,4E-03	9	3,8E-04			
Total	0,06	11				

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,02053

Error: 0,0004 gl: 9

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64 N	0,67	6	0,02	A
0 N	0,38	6	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Ganancias medias período total

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
Ganancia	12	0,97	0,96	3,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	0,07	2	0,04	126,47	<0,0001	
Tratamiento	0,01	1	0,01	46,84	0,0001	
15-feb	1,9E-03	1	1,9E-03	6,55	0,0307	-1,9E-03
Error	2,6E-03	9	2,9E-04			
<b>Total</b>	<b>0,08</b>	<b>11</b>				

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,01810

Error: 0,0003 gl: 9

Tratamiento Medias n E.E.

64 N 0,64 6 0,02 A

0 N 0,40 6 0,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Anexo No. 6. Balance hídrico para el período febrero – agosto 2020

Mes	Precipitación (mm)	Evapotranspiración (mm)	Balance	Almacenaje suelo
Febrero	61	140	-79	0
Marzo	52	124	-72	0
Abril	114	92	23	23
Mayo	40	57	-18	5
Junio	101	39	63	67
Julio	13	44	-31	37
Agosto	44	82	-38	0