

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA
PRODUCCIÓN DE FORRAJE**

por

**Pablo Andrés HERNÁNDEZ KLÜVER
Emilio Augusto KALOPER CARABALLO
Facundo PERDOMO CETRULO**

**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: 9 de diciembre de 2021

Autores:

Pablo Andrés Hernández Klüver

Emilio Augusto Kaloper Caraballo

Facundo Perdomo Cetrulo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a nuestro tutor, el Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani por la confianza brindada para la concreción de este trabajo y el apoyo brindado durante el desarrollo del mismo.

A nuestras familias, amigos y compañeros de Facultad, por todo el apoyo brindado durante el transcurso de la carrera.

A la Lic. Sully Toledo por su dedicación y minuciosidad a la hora de corregir este trabajo.

A todo el personal de Biblioteca en Montevideo y la EEMAC por apoyarnos con el suministro de textos y evacuado de dudas sobre referencias bibliográficas.

Al personal del Laboratorio y de Campo de la EEMAC por su apoyo en cuanto a logística se refiere.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 <u>OBJETIVOS</u>	1
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 <u>CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS UTILIZADAS</u>	2
2.1.1 <u><i>Festuca arundinacea</i></u>	2
2.1.2 <u><i>Trifolium repens</i></u>	4
2.1.3 <u><i>Lotus corniculatus</i></u>	5
2.2 <u>MEZCLA SIMPLE COMPLEMENTARIA</u>	6
2.3 <u>IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN EL SISTEMA SUELO – PLANTA – ANIMAL</u>	8
2.3.1 <u>Importancia del nitrógeno</u>	8
2.3.2 <u>El nitrógeno en el suelo</u>	9
2.3.3 <u>Capacidad de respuesta al nitrógeno</u>	11
2.3.3.1 <u>Respuesta de las gramíneas</u>	11
2.3.3.2 <u>Respuesta de las leguminosas</u>	13
2.3.4 <u>Efectos sobre la producción de materia seca</u>	13
2.3.5 <u>Efectos sobre la composición botánica</u>	14
2.3.6 <u>Síntomas de deficiencia</u>	15
2.4 <u>PARÁMETROS QUE DEFINEN EL PASTOREO</u>	16
2.4.1 <u>Frecuencia</u>	16
2.4.2 <u>Intensidad</u>	16
2.5 <u>EFFECTOS DEL PASTOREO</u>	17
2.5.1 <u>Sobre el comportamiento de la pastura</u>	17
2.5.2 <u>Sobre la composición botánica de la pastura</u>	18
2.5.3 <u>Sobre la persistencia de la pastura</u>	18
2.5.4 <u>Efecto del pisoteo sobre la pastura y el suelo</u>	18
2.6 <u>PRODUCCIÓN ANIMAL</u>	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1 <u>UBICACIÓN EXPERIMENTAL Y PERÍODO DE MEDICIÓN</u>	21
3.1.1 <u>Sitio experimental</u>	21

3.1.2	<u>Antecedentes del área experimental</u>	21
3.1.3	<u>Tratamientos</u>	21
3.1.4	<u>Descripción del experimento</u>	22
3.1.5	<u>Diseño experimental</u>	23
3.2	HIPÓTESIS Y MODELO ESTADÍSTICO	24
3.2.1	<u>Hipótesis biológica</u>	24
3.2.2	<u>Hipótesis estadística</u>	25
3.2.3	<u>Modelo estadístico</u>	25
3.3	MEDICIÓN DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS	25
3.3.1	<u>Materia seca disponible y remanente</u>	25
3.3.2	<u>Altura del disponible y del remanente</u>	26
3.3.3	<u>Crecimiento en altura</u>	26
3.3.4	<u>Tasa de crecimiento</u>	26
3.3.5	<u>Disponible ajustado</u>	26
3.3.6	<u>Forraje desaparecido ajustado</u>	26
3.3.7	<u>Porcentaje de utilización</u>	26
3.3.8	<u>Composición botánica</u>	27
3.3.9	<u>Producción de materia seca de forraje</u>	27
3.3.10	<u>Oferta de forraje</u>	27
3.3.11	<u>Peso vivo de los novillos</u>	27
3.3.12	<u>Ganancia media diaria</u>	28
3.3.13	<u>Producción de carne por tratamiento y por hectárea según tratamiento</u>	28
3.3.14	<u>Eficiencia sobre el forraje desaparecido, producido y nitrógeno agregado</u>	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	29
4.1.1	<u>Temperatura</u>	29
4.1.2	<u>Precipitaciones</u>	30
4.1.3	<u>Balace hídrico</u>	31
4.2	PRODUCCIÓN DE FORRAJE	33
4.2.1	<u>Primer pastoreo</u>	33
4.2.1.1	Forraje disponible.....	33
4.2.1.2	Forraje remanente y porcentaje de utilización.....	34
4.2.1.3	Suelo descubierto.....	35
4.2.1.4	Composición botánica del forraje disponible.....	35
4.2.1.5	Composición botánica del forraje remanente.....	37
4.2.1.6	Altura del forraje disponible y remanente.....	38
4.2.2	<u>Segundo pastoreo</u>	39
4.2.2.1	Forraje disponible.....	39
4.2.2.2	Forraje remanente y porcentaje de utilización.....	39
4.2.2.3	Suelo descubierto.....	40
4.2.2.4	Composición botánica del forraje disponible.....	41

4.2.2.5 Composición botánica del forraje remanente.....	42
4.2.2.6 Altura del forraje disponible y remanente.....	42
4.2.3 <u>Período general</u>	43
4.2.3.1 Tasa de crecimiento.....	43
4.2.3.2 Producción de materia seca.....	44
4.2.3.3 Forraje desaparecido.....	46
4.2.3.4 Malezas.....	46
4.3 <u>PRODUCCIÓN ANIMAL</u>	47
4.3.1 <u>Oferta de forraje</u>	47
4.3.2 <u>Evolución del peso vivo y ganancia individual de peso según tratamiento para el primer período</u>	48
4.3.3 <u>Evolución del peso vivo y ganancia individual de peso según tratamiento para el segundo período</u>	49
4.3.4 <u>Ganancia diaria individual de peso según tratamiento en todo el período evaluado</u>	51
4.3.4 <u>Producción de carne</u>	52
4.4.5 <u>Eficiencia de producción</u>	53
5. <u>CONCLUSIONES</u>	54
5.1. <u>CONSIDERACIONES GENERALES</u>	54
6. <u>RESUMEN</u>	55
7. <u>SUMMARY</u>	56
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	57
9. <u>ANEXOS</u>	72

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Densidad de siembra en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	22
2. Balance hídrico para el año 2019.....	32
3. Cantidad de materia seca disponible ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) según tratamiento.....	33
4. Cantidad promedio de materia seca remanente ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) y porcentaje de utilización según tratamiento.....	34
5. Porcentaje de suelo descubierto en el forraje disponible y remanente según tratamiento en el primer pastoreo.....	35
6. Porcentaje ocupado por cada componente en el disponible del primer pastoreo.....	35
7. Porcentaje ocupado por cada componente en el remanente del primer pastoreo.....	37
8. Altura del forraje disponible y remanente (cm) según tratamiento.....	38
9. Cantidad de materia seca disponible ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) según tratamiento.....	39
10. Cantidad de materia seca remanente ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) y porcentaje de utilización según tratamiento.....	40
11. Porcentaje de suelo descubierto en el forraje disponible y remanente según tratamiento en el segundo pastoreo.....	41
12. Porcentaje ocupado por cada componente en el disponible del segundo pastoreo.....	41
13. Porcentaje ocupado por cada componente en el remanente del segundo pastoreo.....	42
14. Altura del forraje disponible y remanente (cm) según tratamiento.....	43

15. Producción de materia seca de forraje según pastoreo y tratamiento.....	44
16. Forraje desaparecido ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS).....	46
17. Porcentaje de cobertura de malezas en el forraje disponible y remanente según tratamiento y pastoreo.....	46
18. Oferta de forraje según tratamiento y pastoreo.....	47
19. Ganancia diaria individual de peso según tratamiento para el primer periodo.....	48
20. Ganancia diaria individual de peso según tratamiento para el segundo periodo.....	49
21. Ganancia individual de peso vivo promedio.....	51
22. Producción de carne por hectárea.....	52
23. Eficiencia de producción de carne sobre el forraje producido y desaparecido según tratamiento.....	53
Figura No.	
1. Línea del tiempo del área experimental.....	23
2. Croquis del experimento.....	24
3. Temperatura media mensual EEMAC 2019 y medias mensuales EEMAC 2002 – 2020.....	29
4. Precipitaciones acumuladas para el año en estudio y promedio histórico.....	31
5. Tasa de crecimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ MS) según pastoreo y tratamiento.....	43

1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas sembradas en Uruguay representan un recurso de gran importancia para la producción pecuaria. El área ocupada por éstas es un millón doscientas sesenta mil hectáreas (MGAP. DIEA, 2020). La amplia mayoría de los establecimientos ganaderos utilizan las pasturas sembradas como fuente de forraje, ya sea como fuente principal o complementaria al pastoreo de campo natural. En este sentido, es importante desarrollar medidas de manejo orientadas a maximizar la producción de forraje de dichas pasturas, así como su persistencia. Es en este contexto que la fertilización nitrogenada aparece como una herramienta que puede tener un efecto de alto impacto en el cumplimiento de dicho objetivo productivo. Esto se debe a la importancia que tiene el nitrógeno como nutriente vegetal, ya que se trata del nutriente que las plantas requieren en mayor proporción. El efecto del agregado de nitrógeno se observa en mayor magnitud en las gramíneas que en las leguminosas, debido a que éstas últimas presentan la capacidad de utilizar el nitrógeno atmosférico, gracias a la asociación simbiótica con las bacterias del género *Rhizobium*. Para el caso de las gramíneas, el efecto se observa en un mayor número y tamaño de macollos (Colabelli et al., 1998). Si bien existe evidencia suficiente de que el efecto de la fertilización nitrogenada hasta ciertos niveles es beneficioso para la producción de forraje, principalmente sobre las gramíneas; contar con información de origen nacional respecto a la cuantificación de la respuesta al agregado de nitrógeno en la producción de forraje, el efecto sobre el comportamiento e interacción entre las especies en praderas mezcla de leguminosas y gramíneas, es fundamental para la toma de decisiones a nivel productivo. Por esto se entiende que este trabajo representa un aporte importante como fuente de información sobre la fertilización nitrogenada en pasturas sembradas, planteándose los siguientes objetivos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en una pradera, sobre la producción de materia seca y la ganancia animal.

1.1.2 Objetivos específicos

Evaluar la respuesta de las diferentes especies que componen la mezcla, al agregado de nitrógeno, en términos de producción y de la interacción entre las mismas.

Determinar el efecto del agregado de nitrógeno sobre la ganancia animal, individual y por hectárea.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS UTILIZADAS

2.1.1 *Festuca arundinacea*

Carámbula (2007a) clasifica a *Festuca arundinacea* (conocida por el nombre común festuca) como una gramínea de ciclo invernal y de tipo vegetativo perenne, cespitoso a rizomatoso, siendo estos rizomas muy cortos. Las macollas son generalmente extravaginales, rollizas o poco comprimidas, con vainas glabras, matices rosados, rojizos, o pardo oscuros. La lámina es plana, su cara exterior brillante, nervadura media finamente gruesa, cara interior con numerosas nervaduras prominentes, prefoliación convolutada con cilias muy cortas en el cuello y aurículas además de lígula coroniforme (Rosengurtt et al., 1960).

Algunas de las ventajas que se destacan según Carámbula (2007a) son su adaptación a un rango amplio de suelos, prosperando mejor en suelos medios a pesados con tolerancia a suelos ácidos y alcalinos, el hecho de crecer en lugares húmedos y presentar a la vez buena resistencia a la sequía, tener buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fines de invierno y floración temprana, admitir pastoreos relativamente intensos y frecuentes (las sustancias de reserva se encuentran en las raíces y rizomas cortos que forman la corona de las plantas, además, por lo general las plantas presentan áreas foliares remanentes altas luego de los pastoreos), no tener reposo estival (requiriendo manejo cuidadoso en dicha estación), muy buena persistencia y ser compatible con leguminosas agresivas.

Como primera desventaja, se destaca que se establece con lentitud y por lo tanto es vulnerable a la competencia ejercida por otras especies (Langer, 1981). Además, tiene muy baja capacidad de resiembra, la semilla que cae al suelo, no prospera, ocurriendo solo en zonas con mucha humedad (Perrachon, 2020).

Como un aspecto fundamental que se debe cubrir sin excepciones y que determina el éxito o el fracaso de esta especie como componente de las pasturas sembradas es aplicar el manejo acertado tanto de fertilización como de defoliación. Además de lo anterior, la especie necesita disponer de muy buena fertilidad si se quieren aprovechar sus características más sobresalientes como su alta producción y su rebrote rápido. Para ello necesita un suministro de nitrógeno importante, ya sea a través de fertilizantes nitrogenados o mediante la siembra de leguminosas asociadas, formando con trébol blanco una mezcla muy valiosa dado el hábito relativamente erecto de las hojas de la gramínea (Carámbula, 2007a).

La falta de latencia estival y la carencia de órganos apropiados para acumular grandes volúmenes de reservas, pueden hacer peligrar la productividad y la persistencia de esta especie bajo regímenes de manejo excesivamente intensivos según Carámbula

(2007a). López et al., citados por Carámbula (2007a) concluyen que, por esta razón, al igual que en la mayoría de las gramíneas, ciertos periodos de descanso favorecen su buen comportamiento.

Puede ser utilizada en establecimientos lecheros y de invernada, siempre que sea manejada de tal manera que ofrezca siempre forraje tierno y nutritivo, por lo que se sugiere como método de pastoreo más adecuado el rotativo, entrando a pastorear con alturas no mayores de 10 - 15 cm. Manejando la defoliación de dicha forma se evita la formación de maciegas, que, en conjunto con un buen aporte de nitrógeno, biológico o químico, favorecerá rendimientos altos por muchos años (Carámbula, 2007a).

Los cultivares comerciales de festuca se pueden agrupar en dos grandes tipos: continentales y mediterráneos. El primero tiene capacidad de crecer en todas las estaciones del año, es en general de hojas anchas y hábito de crecimiento intermedio. En cambio, las mediterráneas tienen muy buen potencial de crecimiento invernal, pero reposan en verano (latencia estival), son de hojas finas y hábito erecto. Los cultivares de tipo continental son los más usados a nivel mundial mientras que los mediterráneos son los más adecuados para ambientes de menor precipitación, con periodicidad de lluvias invernales y veranos secos, dado que por su latencia estival pueden tolerar mejor las sequías de verano. Por el régimen de precipitación, los cultivares de mayor adaptación general en Uruguay son los de tipo continental. Además, a la hora de elegir un cultivar para sembrar se debe tener en cuenta a los endófitos, que son hongos internos naturalmente presentes en muchas gramíneas. En el caso de festuca, el endófito (*Neotyphodium coenophialum*) produce dentro de la planta una serie de alcaloides, algunos de los cuales confieren a las plantas ventajas adaptativas y otros que son nocivos para los animales y son causantes de los problemas de toxicidad conocidos como festucosis. Entre las ventajas para la planta, se ha demostrado que la presencia del endófito confiere mayor tolerancia a la sequía, mayor tolerancia a insectos y nematodos, aumenta el macollaje, la persistencia y el rendimiento potencial. Desde que en la década del setenta se reconoció que los problemas de toxicidad de la festuca estaban directamente asociados con la presencia del endófito, se ha puesto especial cuidado en la comercialización de cultivares “libres de festucosis”, es decir sin la presencia del hongo en las semillas (Ayala et al., 2017c).

En el caso del cultivar INIA Aurora este corresponde al tipo continental, tardía, de alta calidad por lo que está especialmente indicada para las praderas perennes en aquellas explotaciones donde el valor nutritivo es prioritario, tales como lechería e invernada intensiva. Por su capacidad de crecer en verano es indicada para aquellas situaciones donde la infestación de gramilla es un problema. Se encuentra disponible con y sin el endófito MaxQ, optándose por la siembra con el endófito atenuado (Ayala et al., 2017a).

En cuanto a la producción de materia seca, cuando se sembró puro el cultivar con motivo de la evaluación de cultivares, este, promediamente rindió 7% más que Estanzuela Tacuabé entre los años 1 a 3 (Ayala et al., 2017a). Más específicamente, en el segundo

año en evaluación, en el periodo comprendido entre 2004 y 2009 se obtuvieron valores que van desde 6654 a 19585 kg.ha⁻¹ MS (Castro et al. s.f., Pereyra y Vilaró s.f.).

2.1.2 *Trifolium repens*

Trifolium repens (conocida comúnmente como trébol blanco) es una leguminosa de ciclo invernal, perenne, estolonífera. Presenta gran potencial de producción anual con un pico en primavera. Tiene un valor nutritivo elevado a lo largo de toda la estación de crecimiento, pero con alto riesgo de provocar meteorismo. Normalmente no crece en el verano (Carámbula, 2007a). Puede persistir como planta anual a través de la resiembra, o como perenne mediante la producción continuada de estolones. La importancia relativa de ambos mecanismos varía en función del clima (García, 1995).

Respecto a la adaptación de la especie Ayala et al. (2017e) señalan que está adaptada a suelos ligeramente ácidos y con exceso de humedad donde otras leguminosas no producen bien. A esto, además, agregan que se adapta a una amplia gama de suelos, con excepción de aquellos con marcada acidez, presencia de aluminio intercambiable o escasa capacidad de almacenaje de agua y que es exigente en los niveles de fósforo, respondiendo en forma creciente a las dosis iniciales y anuales de mantenimiento.

Posee gran capacidad de fijación de nitrógeno, muy buena semillazón y resiembra natural. El hecho de contar con tallos estoloníferos que enraízan el suelo muy eficientemente le permite admitir pastoreos relativamente intensos y frecuentes. La gran adaptación del trébol blanco al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca que produce, se deben a que posee cinco atributos muy positivos: porte rastrero, meristemos contra el suelo, índice de área foliar bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y maduras en el superior. Al igual que todas las plantas forrajeras se ve afectada por manejos severos y exagerados, ya que bajo pastoreos muy intensos y frecuentes pierde su habilidad competitiva. Como puntos en contra se presentan su bajo vigor inicial y establecimiento lento, ser agresivo en situaciones muy favorables, no tolerar la sombra y ser muy sensible a la sequía (Carámbula, 2007a).

En relación al cultivar sembrado, Estanzuela Zapicán, se trata de un cultivar de hoja grande, erecto, con floración temprana y abundante. Sus cualidades más destacadas son su rápido establecimiento y excelente producción invernal. Tiene abundante semillazón que asegura un banco de semillas adecuado para los años de buena resiembra. Además, tiene probada adaptación a la región donde se cultiva desde los años 60. Supera en performance a la mayoría de los cultivares foráneos introducidos. Se destaca netamente de El Lucero y Haifa por su mayor rendimiento y persistencia (Ayala et al., 2017f).

Según INIA e INASE (2019), la producción de este cultivar sembrado puro en el primer año es de 7211 kg.ha⁻¹ MS, en el segundo año la producción es de 10367 kg.ha⁻¹ MS y en el tercer año 6375 kg.ha⁻¹ MS, presentando un acumulado en los 3 años de 23953 kg.ha⁻¹ MS.

2.1.3 *Lotus corniculatus*

Zanoniani y Ducamp (2004) definen que el género *Lotus* comprende leguminosas con crecimiento a partir de corona y hojas formadas por cinco foliolos, de los cuales uno es terminal, dos opuestos y dos en la base de los peciolos, con presencia de inflorescencias de color amarillo y/o amarillo rojizo, con fecundación cruzada entomófila.

Carámbula (2007a) clasifica a *Lotus corniculatus* (en el caso de este trabajo referida como lotus a secas) como una especie de ciclo estival, de tipo vegetativo perenne y porte erecto a decumbente, según los cultivares. Es una leguminosa rústica, poco exigente en suelo. Las dosis de fertilizante son inferiores a las requeridas para otras leguminosas como trébol blanco, trébol rojo o alfalfa, pero igualmente deben ajustarse en función del análisis de suelo. Por ser una leguminosa estival con raíz pivotante, tiene mayor tolerancia a las restricciones hídricas que el trébol blanco y trébol rojo, pero produce menos que alfalfa en suelos de alta fertilidad (Ayala et al., 2017d).

Respecto a los suelos Carámbula (2007a) indica que dicha especie se adapta a un rango muy amplio de suelos secos, no siendo exigente en cuanto a requerimientos del mismo. Es una especie sumamente plástica, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como en arcillosos. Según dicho autor se recomienda en suelos donde la alfalfa no prospera (suelos demasiado húmedos y pesados) o demasiado secos para el trébol blanco. Subsiste en suelos moderadamente ácidos o alcalinos, aún con bajos porcentajes de fósforo, respondiendo muy bien a la fertilización fosfatada y al encalado.

En cuanto al manejo del pastoreo Zanoniani y Ducamp (2004) señalan que la especie presenta como característica fundamental el alargamiento en altura de los entrenudos formando lo que se conoce como tallo erecto, determinando que la defoliación no solamente retire foliolos sino también meristemas apicales y axilares que se encuentren por encima de la altura de corte. A su vez, este alargamiento determina que las hojas más nuevas se ubiquen en la parte superior del canopeo y que sean susceptibles a ser removidas por el diente animal, determinando en la mayoría de los casos que el área foliar luego del pastoreo sea nula o de baja capacidad fotosintética, siendo por lo tanto el rebrote en gran parte dependiente de las reservas acumuladas previamente.

Si bien la importancia de este último aspecto ha sido motivo de controversia, debido a la baja capacidad de almacenaje de reservas del lotus, es aceptado que existe una disminución de los carbohidratos solubles de reserva luego de la defoliación, los cuales son utilizados para recuperar parte del área foliar removida según Santiñaque et al., citados por Zanoniani y Ducamp (2004). La mayor dependencia del área foliar remanente se daría en aquellos casos en los cuales la pastura se maneja mediante defoliaciones frecuentes (aproximadamente 20 días) y con rastrojo de mayor altura (15 cm), dado fundamentalmente por la escasa posibilidad de acumular reservas bajo estas circunstancias.

Formoso (1996) señala que se debe considerar también que si bien esa especie, al igual que otras, posee una gran resistencia y adaptación a diversas combinaciones de manejo, los pastoreos demasiado frecuentes e intensos durante todo el año determinan que se sobrepase el límite de plasticidad de la especie, conduciendo a una pérdida de plantas y menor persistencia de la pastura. Al igual que en la mayoría de las especies, un manejo intenso en otoño, que permita la entrada de luz a horizontes más profundos cuando mejoran las condiciones climáticas (mejor balance hídrico y menor temperatura), posibilita la reinstalación de nuevas plantas y rebrotes desde la corona.

En cuanto a los cultivares en Uruguay están registrados dos tipos, que tienen muy diferente crecimiento invernal. El primero corresponde al tipo europeo, con crecimiento en invierno cuando no se presentan fríos extremos. Estos cultivares también se definen como cultivares sin latencia o dormancia invernal. El restante corresponde al tipo Empire, que refiere al cultivar homónimo, que fue el primer material seleccionado en Estados Unidos y tiene un largo período de reposo invernal, que en Uruguay se prolonga desde abril hasta septiembre inclusive (Ayala et al., 2017d).

El cultivar sembrado en este experimento fue INIA Rigel, que es un cultivar sintético seleccionado en INIA La Estanzuela por persistencia a campo, de tipo europeo. El ciclo de crecimiento es similar al de San Gabriel, con floración temprana y sin reposo invernal. El hábito es ligeramente más postrado que INIA Draco. Rigel rinde más forraje que el cultivar San Gabriel desde el primer año. Su productividad se destaca en todas las estaciones, excepto en el invierno (Ayala et al., 2017b).

Cuitiño et al. (s.f.) reportaron como valor de producción 15611 kg.ha⁻¹ MS para el cultivar, en su segundo año de evaluación, sembrado en el año 2013.

2.2 MEZCLA SIMPLE COMPLEMENTARIA

Una mezcla forrajera es una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas. La idea debe ser definir mezclas muy aceptables que permitan una mejor explotación del medio ambiente en su totalidad, con gramíneas de alto potencial de rendimiento y leguminosas de la más alta capacidad nitrificadora, presentando a la vez la menor interferencia competitiva entre las especies que la formen. De ahí entonces que al instalar una pastura el propósito es lograr una mezcla mixta bien balanceada de gramíneas y leguminosas, para lo cual generalmente se acepta que idealmente debería estar compuesta por 60 - 70% de las primeras, 20 - 30% de las segundas y 10% de malezas (Carámbula, 2007a).

Comparadas con pasturas “cortas” de duración típica menor a dos años, las pasturas “largas” basadas en festuca o en dactylis pueden persistir varios años y así i) proveer forraje de menor costo, ii) otorgar mayor estabilidad a la oferta forrajera, y iii) mejorar más la salud del suelo. La mayor estabilidad se debe, primero, a que esta reducción del área a implantar anualmente aumenta el área disponible para pastoreo entre

marzo y junio y segundo, a que las mejores condiciones de piso que ofrecen las pasturas largas permiten continuar pastoreando con alta humedad de suelo, situación frecuente entre mayo y agosto. Finalmente, el mayor impacto positivo en calidad de suelo se debe a que las pasturas largas proveen una cobertura continua del suelo reduciendo el riesgo de erosión. Asimismo, aportan raíces continuamente, lo que contribuye a la formación de materia orgánica y mantienen bajos los niveles de nitratos disminuyendo el riesgo de pérdida por lavado (Equipo del Programa de Investigación en Pasturas y Forrajes y Técnicos Sectoriales de la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, 2019).

Blaser et al., citados por Carámbula (2007a) resaltan una serie de características de gran importancia. En primer término, 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 periodo de productividad de la pastura y confiriéndole a la vez una mayor flexibilidad en su utilización.

Por otra parte, Herriot, citado por Carámbula (2007a) señala que los animales que pastorean en mezclas presentan un mayor consumo que cuando las mismas se siembran puras, mostrando una mayor apetecibilidad del forraje. Al mismo tiempo se evita problemas nutricionales y fisiológicos como meteorismo e hipomagnesemia y toxicidad por nitratos.

En el caso específico de la mezcla simple complementaria Carámbula (2007a) presenta a este tipo de mezcla como un caso especial. Esta modificación mediante el agregado de una especie de ciclo complementario permite ampliar el periodo de pastoreo o distribuir mejor la entrega de forraje a lo largo del año, aspectos que pueden ser más importantes que obtener de cada especie los mayores rendimientos.

Bautes y Zarza (1982) evaluando el comportamiento de mezclas de falaris, festuca y dactylis con trébol blanco y subterráneo en suelos desarrollados sobre materiales de Libertad, Fray Bentos y Cretáceo, no encontraron diferencias significativas en la producción anual de las tres mezclas. La producción estacional de las mezclas fue netamente de invierno - primavera, sugiriendo la conveniencia de incluir especies estivales para compensar el déficit de producción en verano y otoño. La producción deficiente de las mezclas en verano y otoño puede asociarse al comportamiento del trébol blanco que resulta muy afectado por los déficits de humedad en el suelo. Por esto último los autores sugieren la conveniencia de incluir gramíneas y/o leguminosas estivales en su composición.

En experimentos donde se evaluó el agregado de una gramínea estival (*Paspalum dilatatum*) a las mezclas ultrasimples invernales de festuca - trébol blanco y cebadilla - trébol carretilla, se concluyó que es posible incrementar de forma importante la producción de materia seca y que se extienda el lapso de producción mediante el agregado

a dicho tipo de mezclas de una leguminosa de ciclo estival como el lotus (MGA. CIAAB, 1971).

Allegrí et al. (1982) evaluando diferentes mezclas forrajeras señalan al trébol blanco y al *Lotus corniculatus* como las leguminosas más productivas y persistentes y que la inclusión de raigrás o cebadilla en mezclas simples, no presentó ventajas productivas sobre las mezclas compuestas con falaris o festuca. Respecto a esta última especie Perrachon (2020) señala que, por su manejo y desarrollo, es aconsejable asociarla en praderas mezclas con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, en cambio es poco compatible con alfalfa.

Según Perrachon (2020) el incorporar una especie perenne a una mezcla forrajera, permite que el sistema obtenga beneficios biológicos y económicos. La presencia de perennes, permite que la pradera tenga una mayor persistencia, evitando sembrar todos los años una nueva especie forrajera y tiempo improductivo entre la preparación y primer pastoreo de los cultivos anuales.

De acuerdo a Carámbula (2007a), el aporte de nitrógeno de las leguminosas para el aumento de rendimientos de materia seca de las gramíneas, no es la única función de estas, ya que su presencia en una pastura incrementa la calidad del forraje producido. El porcentaje de nitrógeno (proteína) del forraje total de una pastura mixta de gramíneas y leguminosas es siempre mayor que el de la gramínea pura sin fertilización nitrogenada e igual al de las gramíneas puras con altas dosis de nitrógeno (Cowling y Lockyer, 1967). Este resultado se debería a la presencia de leguminosas, que, mediante la fijación biológica de nitrógeno, aumenta el porcentaje de proteína de las gramíneas al aportar el nutriente. A la misma vez se ve una mayor producción de forraje a favor de las pasturas mezcladas con leguminosas, en comparación con gramíneas puras (Churchill, 1947).

2.3 IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN EL SISTEMA SUELO - PLANTA – ANIMAL

2.3.1 Importancia del nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente esencial para la producción vegetal. La función principal del nitrógeno en los seres vivos es formar parte de las moléculas de aminoácidos y proteínas. El nitrógeno también es constituyente de otros compuestos como vitaminas, coenzimas, clorofila y ácidos nucleicos como por ejemplo ADN y ARN (Morón, 1994).

Cumple un rol preponderante actuando sobre el proceso de utilización de carbohidratos, el desarrollo y la actividad radical, y la absorción de otros nutrientes (Olson y Kurtz, citados por Iurato y Rodríguez, 2002).

Debido a su alta incidencia en el contenido de proteínas responsables del ciclo de Calvin y proteínas componentes de los tilacoides, se ha observado una correlación entre la concentración de nitrógeno y la capacidad fotosintética (Evans, 1989). Es por esto que

las plantas requieren el nitrógeno en grandes cantidades. Los contenidos de nitrógeno en planta en general oscilan entre 1 y 5 % en relación al peso seco. Los tejidos jóvenes suelen presentar mayor concentración de nitrógeno y las leguminosas suelen tener mayor concentración que las gramíneas (Perdomo et al., 2001).

Según Baethgen (1994), se puede afirmar que el nitrógeno es el nutriente que más comúnmente limita la productividad de los sistemas agrícolas, ganaderos y agrícola - ganaderos en el mundo.

2.3.2 El nitrógeno en el suelo

En la naturaleza existen dos fuentes principales de reserva de N para las plantas, siendo la mayor la atmósfera, en la cual el 78% del aire es N. La otra reserva importante de N es la materia orgánica del suelo. Del total del N que hay en el suelo, aproximadamente el 98% se encuentra formando compuestos orgánicos. Las plantas son incapaces de asimilar N_2 directamente. En forma natural, el N del aire puede llegar a la planta a través de dos mecanismos principales: transferido por las bacterias que previamente lo han fijado simbiótica o asimbióticamente, o disuelto en el agua de lluvia. El N presente en el suelo bajo formas orgánicas tampoco está disponible como tal para las plantas, sino que para ser absorbido tiene que pasar a formas inorgánicas. El N inorgánico representa un 2% del N total del suelo, encontrándose en formas de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2^-). A diferencia del P y K, la dinámica del N en el suelo no está regulada por un equilibrio químico, sino principalmente por procesos biológicos, derivados de la actividad microbiana del suelo que afectan sobre todo a las formas minerales y a las formas orgánicas de reserva (Perdomo et al., 2001).

Respecto a la fijación biológica de nitrógeno Sawchik (2001) señala que en sistemas mixtos que rotan cultivos con pasturas que incluyen leguminosas existen tres vías importantes de entrada de N: los residuos de los cultivos, los fertilizantes nitrogenados y la fijación de N atmosférico por la asociación *Rhizobium* – leguminosa. La cantidad de N fijado por una leguminosa en un determinado período va a depender de su productividad, del contenido de N del forraje y de la proporción del N que se derivó de la atmósfera por acción de la simbiosis, ya que la leguminosa también puede tomar N del suelo. Existe una importante variación estacional en la fijación biológica del nitrógeno, presentando valores máximos en invierno y mínimos durante el verano (García et al., 1994).

Morón (1994) define que, en mezclas forrajeras de clima templado, la disponibilidad de N del suelo es el factor que más afecta la simbiosis *rhizobium* – leguminosa. Durante el invierno, cuando la tasa de mineralización de N del suelo está limitada por las bajas temperaturas y por lo tanto la cantidad de N mineral presente en el suelo es baja, el porcentaje de N derivado de la fijación es alto llegando a valores cercanos al 100 por ciento.

Además, Mallarino y Wedin (1990) determinaron que la mayor concentración de N mineral (amonio y nitrato) durante los meses de verano resultaba en porcentajes menores de derivado de la simbiosis *Rhizobium* - leguminosa.

La mineralización es definida como el proceso biológico que transforma N orgánico en N inorgánico. La inmovilización es el proceso inverso. El N amoniacal y el N nítrico pueden ser absorbidos por gramíneas y leguminosas para luego ser incorporados en compuestos orgánicos. El N contenido en material vegetal (raíces y parte aérea) no consumido por los animales, así como las deyecciones animales, retornan al suelo para entrar en el proceso de descomposición. La cantidad y calidad del sustrato (materia orgánica humificada, residuos frescos, etc.) así como factores ambientales como temperatura y humedad son determinantes en la cantidad de N mineralizado. El tamaño de la biomasa microbiana del suelo, encargada de descomponer todos los residuos vegetales que entran al suelo, varía según el tipo de suelo y el manejo anterior. Los residuos vegetales frescos agregados al suelo tienen una velocidad de descomposición varias veces superior a la materia orgánica humificada y estabilizada del suelo. A su vez, existe una considerable diferencia en la velocidad de descomposición de los diferentes tipos de residuos o rastrojos. El nitrógeno que desaparece de los residuos vegetales básicamente puede ser inmovilizado o mineralizado por la biomasa microbiana en el corto y mediano plazo. Los residuos con relaciones C/N bajas, rápidamente incrementan el N mineral del suelo (Morón, 1996).

Carámbula (2007a) señala la existencia de tres fuentes principales para aportar nitrógeno a las pasturas: reciclaje por mineralización del suelo, aplicación de fertilizantes nitrogenados y asociación con leguminosas. Respecto al reciclaje de nitrógeno por mineralización indica que este nitrógeno es producido a través de la actividad de las bacterias nitrificadoras sobre residuos vegetales y animales. Walker et al., Green y Cowling, citados por Carámbula (2007a) destacan que el suelo contiene cantidades apreciables de nitrógeno que es liberado lentamente a razón de 50 kg N/año.

Haynes y Williams (1993) señalan que el patrón en el que los nutrientes son devueltos a los pastos en forma de estiércol y orina no son uniformes. El patrón de retorno está muy influenciado por el comportamiento del ganado y su manejo y el hecho de que los excrementos también pueden ser depositados en las partes no productivas de la granja. Trabajando con ovinos y bovinos presentaron rangos de valores que permiten caracterizar tanto para defecación como micción número diario, volumen o peso medio y área abarcada para cada evento y especie. En base a estos rangos Carámbula (2007a) expresa que, ni el reciclaje por mineralización del suelo ni las deyecciones de los animales alcanza a completar la reposición del nitrógeno extraído por las plantas, por lo que ambos son incapaces de promover niveles altos de producción de las pasturas, dependiendo la cantidad disponible de nitrógeno del manejo que sea objeto el área en cuestión.

Descartando el reciclaje por mineralización como una forma eficiente de disponibilidad de nitrógeno, el hombre debe recurrir al uso de fertilizantes nitrogenados o

de leguminosas, con la finalidad de cubrir las necesidades de las pasturas (Carámbula, 2007a).

2.3.3 Capacidad de respuesta al nitrógeno

Ayala y Carámbula (1994) sostienen que la capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada dependerá de la dosis y el momento de aplicación del fertilizante, y estará determinada por la tasa potencial de producción de la pastura, condicionada por su estado y su composición botánica.

En este sentido, Rebuffo (1994) plantea que la capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada está determinada fundamentalmente por la población de gramíneas y su capacidad de crecimiento.

2.3.3.1 Respuesta de las gramíneas

La respuesta de las gramíneas a la fertilización nitrogenada está dada por su capacidad para aumentar el número de macollos y/o aumentar el tamaño de los mismos (Rebuffo, 1994). Cuando se produce un aumento en la disponibilidad de nitrógeno inorgánico en el suelo, la primera respuesta vegetal es una rápida absorción de nitrógeno. Posteriormente se registra un aumento en la cantidad de macollos en gramíneas y en el crecimiento de las plantas (Ball y Field, citados por García Favre, 2017).

En general la nutrición nitrogenada favorece la producción de nuevos macollos, sin embargo, la importancia de la respuesta es fuertemente controlada por los factores asociados a la cubierta vegetal (densidad de macollos, genotipo, índice de área foliar, etc.) y al ambiente (temperatura, agua, radiación, etc., Colabelli et al., 1998).

En experimentos realizados por Wilman y Pearse (1984), se encontraron efectos significativos de la disponibilidad de nitrógeno sobre la densidad de macollos. En el mismo sentido, Mazzanti et al. (1994a), con aplicaciones de 90 kg de nitrógeno por hectárea en forma de nitrato de amonio, lograron aumentos de 22% en la densidad de macollos.

La capacidad de macollaje tiene una marcada variación estacional, siendo alta en otoño, cuando las plantas permanecen vegetativas, y muy baja en primavera cuando comienza el ciclo reproductivo. Por lo tanto, la proporción de tallos vegetativos y reproductivos de una gramínea regula, en parte, su capacidad de responder al agregado de N (Rebuffo, 1994). A su vez, se debe tener en cuenta que el efecto del nitrógeno sobre el macollaje en cultivos densos suele ser inferior al observado sobre plantas aisladas (Wilman y Pearse, Whitehead, citado por Colabelli et al., 1998). Esto es debido al efecto negativo del sombreado sobre la oferta lumínica en la base de la planta, el cual limita la capacidad de macollaje.

Según Colabelli et al. (1998), la tasa de elongación foliar se define como el incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo o de suma térmica. La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja. El ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud.

La elongación foliar es la actividad meristemática que demanda prioritariamente elementos minerales, y su disponibilidad proviene del consumo directo a partir del suelo o de la translocación de los tejidos senescentes. La tasa de elongación foliar en gramíneas forrajeras es el 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).

El agregado de nitrógeno tiene significativo efecto sobre la elongación foliar (Mazzanti y Lemaire, 1994b). El comportamiento de esta variable se puede considerar, en ausencia de estrés hídrico, como directamente determinada por la disponibilidad de nitrógeno y la temperatura (Lemaire y Agnusdei, 2000).

Volenc y Nelson (1984) sostienen que la tasa de elongación foliar responde significativamente a la disponibilidad de nitrógeno. Mazzanti et al. (1994a) encontraron efectos significativos de diferentes dosis de nitrógeno sobre la elongación foliar de *Festuca arundinacea*. El efecto del nitrógeno sobre la elongación foliar se explica mayormente por un aumento del número de células epidérmicas presentes en cada hoja en crecimiento, siendo de baja significancia el efecto sobre el tamaño de la célula y sobre la tasa de crecimiento celular (Gastal y Nelson, 1994).

En concordancia con esto último Belanger et al., citados por Mazzanti et al. (1994a), coinciden en que el efecto principal de la deficiencia de nitrógeno sobre la producción de forraje se explica por la reducción en la tasa de expansión foliar y consecuentemente una reducción en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa absorbida y también en la proporción de asimilados destinados al crecimiento.

Solo un 20% del efecto total de la deficiencia de nitrógeno puede ser atribuido a una reducción en la capacidad fotosintética de la hoja. A este respecto, numerosos estudios han demostrado que la fotosíntesis a saturación lumínica responde significativamente a la concentración de nitrógeno en hoja, ya sea de forma lineal o asintóticamente (Gastal y Lemaire, 2002).

Con la aplicación de fertilizantes nitrogenados y un buen control de la defoliación se pueden modificar las características de las pasturas, como ser tamaño y número de macollos, tasa de expansión foliar y tamaño final de hojas, lográndose una recuperación más rápida de la pastura luego de la defoliación, lo que permite a su vez, defoliaciones más frecuentes (Wilman y Wright, citados por Tricot, 2017). Wilman y Pearse (1984), recopilando estudios realizados sobre *Lolium multiflorum*, encontraron

efecto significativo de la disponibilidad de nitrógeno sobre el largo de vainas y láminas de hojas, con incrementos de entre 1 y 5 cm, con aplicaciones de 132 kg de nitrógeno por hectárea, dependiendo del intervalo entre pastoreos.

2.3.3.2 Respuesta de las leguminosas

Uno de los principales efectos del contenido de nitrógeno en el suelo sobre las leguminosas es la incidencia sobre la fijación biológica. Se ha demostrado que la fijación disminuye a medida que aumenta la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Kunelius, 1974). Sin embargo, pequeñas cantidades de nitrógeno aplicadas a la siembra pueden beneficiar a la leguminosa, facilitando el desarrollo de una mayor área foliar y una mayor translocación de metabolitos, favoreciendo de esta manera la nodulación y fijación de nitrógeno (Allos y Bartholomew, citados por Cassarino y Robledo, 1983).

2.3.4 Efectos sobre la producción de materia seca

Ha sido demostrado que la tasa de crecimiento de la pastura, en etapas iniciales, guarda una relación lineal con la concentración de nitrógeno (Agreen, citado por Gastal y Durand, 2000). A medida que la pastura se acerca a la madurez, la concentración de nitrógeno disminuye, debido al aumento de la proporción de elementos estructurales que contienen bajo contenido de nitrógeno (Greenwood et al., 1990). También se produce un redireccionamiento del nitrógeno presente en las hojas inferiores, el cual se transfiere hacia las hojas superiores, proceso que se determina por el sombreado de las primeras, en orden de mantener alta eficiencia fotosintética de la pastura (Field, 1983).

El efecto del nitrógeno sobre la tasa de crecimiento de la pastura se puede representar a través de la concentración crítica de nitrógeno, la cual se define como la mínima concentración de nitrógeno necesaria para obtener el máximo crecimiento. El valor de concentración crítica de nitrógeno marca el límite entre situaciones por debajo o por encima de la óptima (Gastal y Durand, 2000).

El conjunto de efectos del nitrógeno sobre las variables morfológicas y estructurales de la pastura determinan una fuerte incidencia sobre el desarrollo del IAF. Cultivos crecidos en condiciones naturales de este mineral generalmente alcanzan menor expansión foliar y crecimiento aéreo, en comparación con cultivos no limitados (Colabelli et al., 1998). La respuesta de las pasturas a la aplicación de nitrógeno en producción de materia seca se mide generalmente en kg de materia seca por kg de nitrógeno aplicado.

Scheneiter (2005), en la provincia de Buenos Aires, reporta respuestas de 30 kg de materia seca por kg de nitrógeno en pasturas de festuca y trébol blanco fertilizadas a fines de invierno con diferentes dosis de nitrógeno.

A partir de varios estudios realizados en Gran Bretaña se reportó que la respuesta a la fertilización nitrogenada de *Lolium multiflorum* presenta alta variabilidad estacional. La respuesta durante el otoño fue de apenas 1 kg de materia seca por kg de nitrógeno

aplicado. Durante la primavera se obtuvo un incremento de 10 kg de materia seca por kg de nitrógeno, siendo la mayor entre las tres estaciones evaluadas, con una tendencia decreciente a medida que se aumentaba la dosis de nitrógeno. Mientras que en el verano la respuesta promedio fue de 9 kg de materia seca, sin variación de acuerdo a la dosis de aplicación (Wilman y Pearse, 1984).

La respuesta de la pastura a la fertilización nitrogenada se vio afectada por el intervalo entre pastoreos, siendo mayor cuantos más días de descanso tenía la pastura. Por el contrario, la concentración de nitrógeno de la pastura cosechada fue mayor cuanto menor fue el intervalo entre pastoreos (Wilman y Pearse, 1984).

En otros experimentos donde se obtuvieron valores de respuesta, ya sea con la misma mezcla forrajera o similar a esta, o en distintas edades de la pastura, se observa que puede ir desde valores mínimos de 1 a 6 kg MS por kg N reportados por Rebuffo (1994) hasta el valor citado previamente correspondiente a Scheneiter (2005). Asimismo, la respuesta entre pastoreos sucesivos puede ser variable tal como se observa en Malán y Zollinger (2021, 11,3 y 4,4 kg MS por kg N, pastoreos 1 y 2 respectivamente), o ser errática con diferentes dosis de fertilizante en un mismo experimento como reportaron Nuñez et al. (2021, 13,5, 2,5 y 4,5 kg MS por kg N con 50, 75 y 100 kg N por hectárea respectivamente).

Varios estudios han demostrado que mediante la fertilización nitrogenada es posible elevar la producción de materia seca y alcanzar niveles de producción imposibles de lograr con otro manejo. Numerosos autores han observado este comportamiento y en general han determinado que la respuesta es casi lineal en aplicaciones de hasta 350 kg/ha de nutriente (Carámbula, 2007a).

2.3.5 Efectos sobre la composición botánica

Diversos autores señalan que es probable encontrar efectos significativos de la aplicación de nitrógeno sobre el porcentaje de ocupación de cada especie cuando este nutriente se aplica sobre pasturas compuestas por gramíneas y leguminosas (Rebuffo 1994, Scheneiter 2005, Formoso 2011). Cuando el nitrógeno se aplica sobre estas pasturas, se registra un aumento en la proporción de gramíneas, debido a la mayor capacidad de absorción del nitrógeno mineral del suelo que estas presentan, dado por sus características radiculares. Además, se debe tener en cuenta que las leguminosas cuentan con la posibilidad de aprovechar el nitrógeno atmosférico, por lo que es esperable que la respuesta al agregado de nitrógeno sea menor.

El rápido crecimiento de las gramíneas en respuesta al nitrógeno puede provocar el sombreado de las leguminosas disminuyendo así su presencia en la pastura (Rebuffo, 1994).

Formoso (2011), analizando resultados de experimentos realizados por INIA sobre fertilización de mezclas forrajeras, reporta que se producen modificaciones de las relaciones de competencia entre las especies. En este sentido, el autor señala que para el caso de pasturas compuestas por gramíneas perennes como festuca o dactylis, más leguminosas, aumentos en la disponibilidad de nitrógeno en las etapas iniciales pueden determinar una dominancia prematura exagerada de las gramíneas y acelerar la degradación de la mezcla hacia el dominio de ese componente, pudiendo este proceso registrarse en alta magnitud ya a fines del segundo año de la pradera; siendo que en condiciones normales esto ocurre en el tercer o cuarto año de implantada la misma.

En el mismo sentido, Scheneiter (2005) señala que, si bien la respuesta a la fertilización nitrogenada en mezclas forrajeras estará determinada por varios factores como tipo de suelo, contenido de nutrientes en el mismo, porcentaje de leguminosas y frecuencia de defoliación, es esperable que un aumento en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo provoque un incremento en la producción de materia seca y una disminución del componente leguminosas, debido a la mayor producción de la gramínea y a la competencia hacia la leguminosa.

A partir de experimentos realizados en INTA Pergamino, se concluye que la contribución del trébol a la pastura se reduce en primavera, al final del verano y en el otoño, con las dosis de nitrógeno más altas. Las mayores diferencias en composición botánica se dieron en primavera (43 % de trébol blanco con 50 kg de nitrógeno por hectárea, vs. 12 % con 150 kg de nitrógeno/ha, Scheneiter, 2005). Resultados similares se obtuvieron en INIA La Estanzuela, aplicando fertilización nitrogenada en mezclas forrajeras, donde se observó diferencias en presencia de leguminosas en la primavera del primer año, siendo esta del 50 al 75% sin nitrógeno, y de 40 a 60% con nitrógeno (Rebuffo, 1994). Como consecuencia se afecta negativamente la productividad anual de la mezcla, reduciendo a su vez la productividad animal potencialmente alcanzable (Rebuffo 1994, Formoso 2011).

Resultados similares fueron encontrados por Harris et al. (1994), en estudios realizados en Nueva Zelanda, donde se observó una disminución en la presencia del trébol blanco debida al agregado de nitrógeno. El estudio se realizó sobre pasturas de ryegrass y trébol blanco, y la fertilización nitrogenada provocó una diferencia en el área ocupada por la leguminosa, la cual fue del 23,8 % cuando no se aplicó nitrógeno y de 7,9 % cuando se aplicaron 324 kg/ha de N.

2.3.6 Síntomas de deficiencia

Uno de los síntomas característicos de la deficiencia de nitrógeno es el amarillamiento de las plantas, además de una disminución en la producción de materia seca. A su vez, según Carámbula (2007a), cuando a la pastura le falta nitrógeno se registra una disminución en el contenido de proteína, que no solo disminuye la calidad del forraje,

sino que afecta el consumo voluntario animal, el cual se reduce por debajo de aquel que permite la distensión del rumen.

En el mismo sentido, Perdomo et al. (2001) señalan que, ante deficiencias en nitrógeno, las hojas son pequeñas, los tallos finos y rectos y las ramificaciones escasas; de ahí el aspecto ralo de la planta. En las primeras etapas de crecimiento las hojas suelen ser pequeñas y de color verde - amarillento, lo que es debido a la poca síntesis de clorofila. A medida que la planta envejece las hojas pueden tornarse amarillas, rojas o púrpuras, debido a la síntesis de antocianina.

En experimentos realizados por Interrante et al. (2012), se encontró que la utilización de leguminosas como fuente de nitrógeno, utilizada en mezcla con gramíneas, no fue sustituto de la fertilización nitrogenada con el objetivo de lograr rendimientos potenciales. En concordancia con lo anterior, según Harris et al. (1994), en Nueva Zelanda se ha comprobado que en las pasturas mezcla que solo cuentan con la leguminosa como fuente de nitrógeno, los niveles de este nutriente no han sido suficientes para alcanzar los rendimientos potenciales especialmente en los momentos de activo crecimiento de la pastura.

2.4 PARÁMETROS QUE DEFINEN EL PASTOREO

2.4.1 Frecuencia

Con referencia al número de pastoreos o cortes (frecuencia de cosecha), si bien cada especie posee un periodo de crecimiento limitado, cuanto mayor es la frecuencia de utilización, menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos y por lo tanto más baja será la producción de forraje de cada uno de ellos (Carámbula, 2007a).

Según Zanoniani (1999) en estaciones de mayor crecimiento se debe acelerar la frecuencia de pastoreo de forma de mantener a las plantas que componen la pastura, en un estado de hojas nuevas, evitando la acumulación de material muerto.

Berretta (2005) menciona que, para que una pastura cortada por el animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que, entre dos cortes a dientes sucesivos, haya pasado el tiempo suficiente para que pueda permitir a la pastura, almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un comienzo de rebrote vigoroso.

2.4.2 Intensidad

La intensidad de defoliación se define como la proporción anual de forraje producido que es consumida o destruida por el pastoreo, esto puede referirse a una planta individual, a una población de plantas de una especie y a toda la comunidad (Heady y Child, citados por Borrelli y Oliva, 2001).

Con referencia al rendimiento de cada pastoreo o corte (intensidad de cosecha), el mismo está dado por la altura del rastrojo al retirar los animales, lo que no sólo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total de la pastura. En este sentido la mayor intensidad tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje subsiguiente (Carámbula, 2007a).

Según Nabinger (1996) la cantidad de área foliar residual es función de la intensidad de la defoliación que está determinada por la presión de pastoreo impuesta o la altura de corte en caso de una defoliación mecánica. En una defoliación severa en la que la mayor parte del tejido fotosintético es removido, la fijación de carbono puede ser insuficiente para asegurar y mantener los tejidos remanentes para síntesis de nueva área foliar. De esta manera la intensidad de pastoreo se maneja, con el número de animales, superficie ocupada por los mismos y un tiempo determinado del pastoreo.

El productor controla la presión o intensidad de pastoreo a través de la regulación del número y tipo de animales por hectárea (carga animal) y determinando, a través del método de pastoreo, la ubicación espacial y temporal de los animales en los diferentes potreros del establecimiento (Escuder, 1997).

2.5 EFECTOS DEL PASTOREO

2.5.1 Sobre el comportamiento de la pastura

Según Milthorpe y Davinson, citados por Nabinger (1996), el pastoreo lleva a una pérdida del 40 a 50% del forraje producido. Por lo tanto, es necesario incluir el efecto animal, ya que explica la respuesta directa de las plantas a la defoliación.

El efecto del método de pastoreo y la variación implícita en la frecuencia o intensidad de defoliación que eso representa, puede interactuar con el mayor o menor crecimiento estacional que tienen las especies de la pastura, y posibilita el control o manipuleo de la composición botánica de la misma. Un pastoreo intenso y frecuente, cuando la especie considerada está en activo crecimiento, resulta en una disminución de su capacidad competitiva, frente a otras especies que soportaron el pastoreo en forma latente o con una menor tasa de crecimiento (Escuder, 1997).

No obstante, es posible afirmar que en las praderas y en lo relativo a la frecuencia, intensidad y duración de los pastoreos deberá ponerse especial atención al período de fines de primavera a mediados de otoño ya que el mismo afectará en forma directa el comportamiento de la pastura el resto del año (Carámbula, 1991).

2.5.2 Sobre la composición botánica de la pastura

La composición botánica de una festuca alta y trébol blanco, pueden variar en respuesta a la frecuencia y severidad de la defoliación; así cuanto más frecuente e intensa es la defoliación mayor es el contenido de trébol blanco en la pastura (Scheneiter, 2005).

Otro efecto que se puede notar en la composición botánica de la pastura al ser pastoreada, es comentado por López (1987) y explica que las excreciones de los animales afectan tanto el crecimiento de las plantas como la composición botánica de la pradera. Esta última es la contribución específica en porcentaje calculada a base del peso de materia seca disponible. Vale decir, qué porcentaje de materia seca disponible corresponde a cada especie que conforma la pradera. Los cambios en la composición botánica ocurren debido a dos factores: 1) las fecas estimulan más el crecimiento de las gramíneas que de las leguminosas, y 2) los animales no pastorean el forraje sobre maduro alrededor de las heces (López, 1987).

2.5.3 Sobre la persistencia de la pastura

La vida de una pastura depende del manejo que ella recibe en el primer año de vida. Si los pastoreos se efectúan demasiado seguido, las pequeñas plantas no acumulan reservas en sus órganos subterráneos y llegadas las épocas en que los suelos poseen insuficiente humedad, muchas de ellas morirán rápidamente (Carámbula, 2007b).

Cualquier factor que retarda el crecimiento radicular arrastra el efecto al crecimiento del resto de la planta, debido a la restricción que provoca en la absorción de agua y nutrientes y podría impactar en la sobrevivencia de las plantas (Donaghy y Fulkerson, citados por Agustoni et al., 2008).

2.5.4 Efecto del pisoteo sobre la pastura y el suelo

El sobrepastoreo, principalmente a través del pisoteo, no solo afecta la parte aérea de las plantas, sino también sus sistemas radiculares a través del compactado excesivo que provoca la pezuña en el suelo (Carámbula, 2004).

Según Denoia et al. (2000) el pisoteo conduce al aumento de la densidad superficial del suelo y a la disminución de la tasa de infiltración.

Blackburn, citado por Borrelli y Oliva (2001) presentó varios ejemplos donde el pastoreo intenso y continuo produjo importantes aumentos en la densidad aparente de los suelos, en el escurrimiento superficial del agua y en la producción de sedimentos. Simultáneamente se verificó una disminución importante de la tasa de infiltración.

Un suelo compactado puede generarse naturalmente por sedimentación del suelo o puede ser inducido por otros agentes compactadores como la labranza, el tráfico de

maquinaria, el pisoteo por animales y el fuego (Kozlowski, Martino, citados por Barolin, 2018).

Este proceso se asocia con la pérdida de los poros del suelo (en especial los más grandes), causando pérdida de permeabilidad al aire, inconvenientes con el flujo de agua, transporte de iones, y restricciones importantes para el crecimiento radicular (Kemper y Rosenau, 1971). Esto determina que las especies implantadas en la mezcla tenga una menor expansión radicular junto con una menor disponibilidad de agua y oxígeno, debido a la menor proporción de macroporos del suelo. Lo cual compromete su persistencia o modifica la dominancia de una u otra especie sembradas.

2.6 PRODUCCIÓN ANIMAL

De León (2007) señala que el primer paso para lograr una alta producción ganadera, es producir la máxima cantidad de forraje posible por lo que el ganadero debe ser en primera instancia un buen productor de pasto.

Respecto a los animales en pastoreo, estos existen en condiciones muy dinámicas, en las que su comportamiento depende no sólo de las variaciones en sus requerimientos nutricionales sino también de condiciones climáticas y particularmente de la cantidad y calidad del forraje en oferta, que generalmente limitan su potencial genético para producción. En sistemas de producción pastoriles, animales y pasturas interactúan fuertemente a través del: i) efecto de los animales en la utilización, composición, rebrote y persistencia de las pasturas bajo pastoreo, ii) efecto de las características de las pasturas y la estructura de las mismas sobre el comportamiento, consumo, y la producción animal. La performance animal será un efecto directo de la cantidad y calidad de forraje consumido, pero modificada por la habilidad del propio animal en digerir y transformar esa materia seca en nutrientes asimilables (Montossi et al., 1996).

Crampton et al. (1960) buscando obtener datos para calcular índices de valor nutritivo para forrajes reportaron que la importancia de la ingesta relativa de un forraje en comparación a su digestibilidad en la determinación del valor numérico del índice es aproximadamente del 70% frente al 30% respectivamente.

Poppi et al. (1987) sugirieron que el consumo animal en condiciones de pastoreo está regulado principalmente por dos grupos de factores: factores nutricionales y factores no nutricionales. Los factores no - nutricionales están relacionados a la habilidad de los animales para cosechar la pastura y aparecen como determinantes del consumo, siendo los factores de mayor importancia la estructura de la pastura, la conducta de pastoreo de los animales (consumo por bocado, tasa de bocados y tiempo de pastoreo) y selección, mientras que factores nutricionales tales como la digestibilidad de la pastura, el tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la concentración de productos finales de la digestión ruminal adquieren considerable importancia en determinar consumo.

El consumo de forraje o la performance animal incrementan a medida que aumenta la disponibilidad o la altura de la pastura, asociado a la facilidad con que los animales pueden cosechar el forraje maximizando la tasa de consumo, siendo esta relación afectada por el tipo de pastura donde los animales pastorean (Montossi et al., 1996).

En cuanto a la digestibilidad de una pastura, no es un valor para nada estable. A medida que las plantas van madurando, la proporción de tallos aumenta y como ellos tienen menor digestibilidad que las hojas, la digestibilidad total de la planta disminuye. Se debe mantener la más alta calidad de la pastura, es decir, alta digestibilidad y alto contenido proteico, durante el mayor tiempo posible (Rovira, 2008).

El 50% o más de la energía potencialmente útil de los forrajes puede encontrarse en las fracciones de celulosa y hemicelulosa. Para la digestión de estas fracciones en productos finales absorbibles, los rumiantes dependen completamente de su microflora ruminal. El proceso es una fermentación que resulta en la desaparición del rumen de las partes celulósicas de la ingesta que han sido allí degradadas (Crampton et al., 1960).

La facilidad con que la materia orgánica del forraje puede ser evacuada del rumen es la característica más importante de la dieta que determina el consumo. La capacidad del rumen es limitada y la velocidad con que entra materia orgánica al rumen no puede exceder a la velocidad con que sale del mismo. La consecuencia es que los forrajes fibrosos, groseros y por lo tanto de baja digestibilidad, hacen disminuir el consumo al permanecer mucho tiempo dentro del rumen. Esta es la razón por la cual, a mayor digestibilidad, mayor consumo. El consumo animal aumenta linealmente con el incremento de la digestibilidad, hasta que la misma alcance valores cercanos al 80% (Rovira, 2008).

Van Soest, citado por Provenza y Balph (1990) señala como el primer desafío que presenta el entorno de alimentación es la variación en la cantidad de energía, proteínas y minerales contenidos en diferentes alimentos. Rovira (2008) indica que al pastorear los animales pueden seleccionar una dieta de mayor digestibilidad que la que tiene en promedio la pastura que se le ofrece. Por ejemplo, la pastura que se va a pastorear cortando una muestra a ras del suelo, arroja una digestibilidad de 58% pero lo consumido por el animal da 62% y el remanente o rechazo, 29%. Por último, Briseño y Wilman (1981) experimentando con pasturas templadas, presentaron evidencias experimentales que muestran que los animales seleccionan preferentemente leguminosas que gramíneas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN EXPERIMENTAL Y PERÍODO DE MEDICIÓN

3.1.1 Sitio experimental

El experimento fue realizado en Universidad de la República. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), Paysandú, Uruguay, ubicada sobre la Ruta Nacional No. 3, km 363. El mismo fue realizado en el potrero 35, en el período invierno - primaveral, comprendido entre el 4 de junio de 2019 y el 14 de noviembre de 2019.

El potrero 35 se encuentra sobre la latitud 32°22'23.51"S, y longitud 58°3'55.43"O. Según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (escala 1:1.000.000, Altamirano et al., 1976), la unidad de suelos correspondiente a la ubicación es la unidad San Manuel, la cual se encuentra sobre la formación geológica Fray Bentos. Los suelos dominantes son Brunosoles eútricos típicos (háplicos), superficiales a moderadamente profundos, de textura limo - arcillosa (limosa). Los suelos asociados comprenden Brunosoles eútricos lúvicos, de textura limosa y Solonetz solodizados melánicos de textura franca.

3.1.2 Antecedentes del área experimental

Durante el otoño - invierno del año 2017 se sembró un verdeo de *Lolium multiflorum*, y una mezcla compuesta por *Lolium multiflorum*, *Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*, con dos niveles de fertilización. Los mismos fueron de 64 kg.ha⁻¹ N y sin agregado de N en las mismas parcelas donde correspondía fertilizar la pradera en estudio. Posteriormente, en el verano 2017 - 2018 se realizó un verdeo de *Setaria italica*, la cual no fue fertilizada en ningún momento. Por lo que cada parcela presenta una combinación antecesor – fertilización diferente, si se consideran los cultivos sembrados el invierno anterior.

Se debe aclarar que al área experimental de este trabajo forma parte de una secuencia de experimentos desarrollada durante varios años, evaluando el efecto de la fertilización nitrogenada, realizándose el agregado de nitrógeno siempre sobre las mismas parcelas.

Antes de la siembra se efectuó un análisis de suelo a partir del cual se determinó que el contenido de N-NO₃ era de 4 ppm, y el de P₂O₅ era de 11 ppm. El contenido de P se estimó mediante el método Bray No. 1.

3.1.4 Tratamientos

N 0: pradera de segundo año compuesta por festuca, trébol blanco y lotus, sin fertilización nitrogenada.

N 64: pradera de segundo año compuesta por festuca, trébol blanco y lotus, fertilizada con 64 kg de nitrógeno, agregados anualmente.

3.1.5 Descripción del experimento

La pradera se compone de *Festuca arundinacea* cv. INIA Aurora, *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. INIA Rigel. La misma fue sembrada el 6 de junio de 2018, con un barbecho de 60 días. La festuca fue sembrada en forma directa y en líneas mientras que las leguminosas fueron sembradas al voleo. Previo a la siembra se realizó un control químico de malezas mediante la aplicación de glifosato a razón de 3 L.ha⁻¹.

En el cuadro No. 1 se encuentran los datos de densidad de siembra de las especies sembradas en la mezcla forrajera.

Cuadro No. 1. Densidad de siembra en kg.ha⁻¹

	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
Densidad de siembra	15	2	8

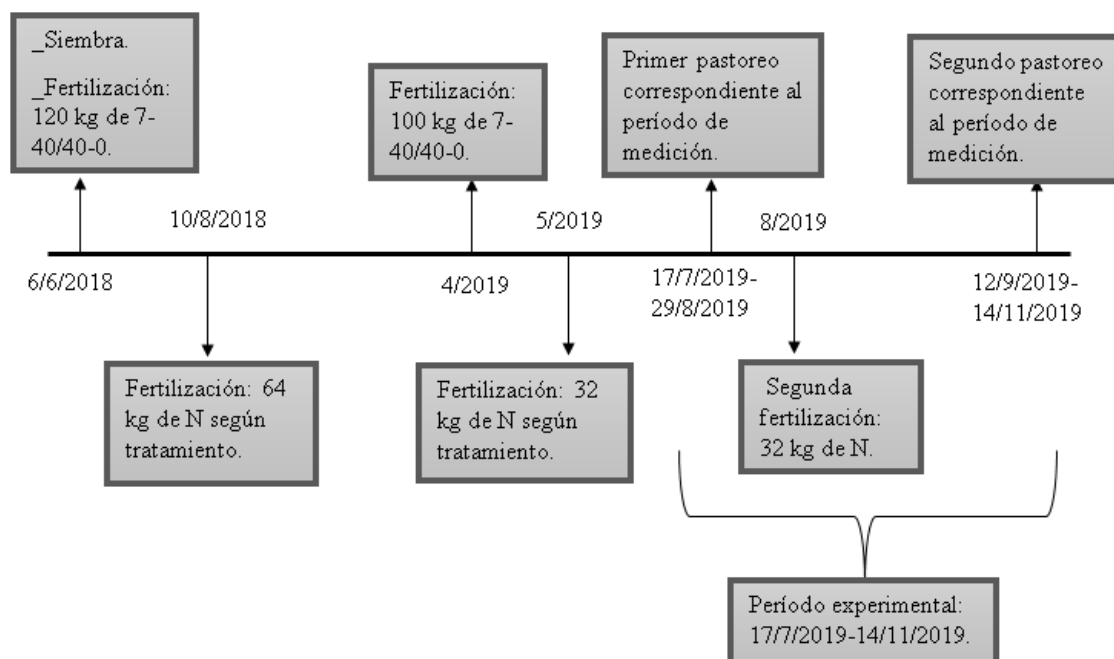
A la siembra se fertilizó con 48 kg de P₂O₅ y 8,4 kg de nitrógeno. El fertilizante utilizado fue 7-40/40-0 y se aplicaron 120 kg por hectárea. A mediados de agosto se agregaron 64 kg de nitrógeno en el tratamiento fertilizado, para lo cual se utilizó el fertilizante 46-0-0. Posteriormente se re-fertilizó en abril de 2019 con 100 kg de 7-40/40-0. En 2019 a su vez, se volvió a aplicar nitrógeno según tratamiento. Dicha fertilización se realizó de forma fraccionada, agregándose 32 kg de N en mayo y los restantes 32 kg en agosto.

La pradera fue pastoreada con novillos de raza Holando con un peso promedio de 367 kg. El pastoreo se efectuó de manera rotativa. La permanencia de los novillos en cada bloque fue de aproximadamente 19 días. El primer y segundo pastoreo tuvieron una duración de 44 y 64 días, respectivamente. El criterio utilizado para el cambio de parcela fue una altura remanente de 5 cm. La oferta de forraje es similar en ambos tratamientos.

A cada parcela le corresponde un lote de 3 novillos que rotan siempre sobre las mismas parcelas en cada bloque, a lo largo de cada pastoreo. Los lotes de novillos asignados al tratamiento con fertilización rotan siempre sobre parcelas que recibieron nitrógeno. La secuencia en que fueron llevados a cabo los pastoreos entre las parcelas de los distintos bloques fue la siguiente: 1-12-8-13, 2-10-6-15, 3-11-7-16 y 4-9-5-14.

En la figura No. 1 a continuación, de forma resumida se encuentran los eventos ocurridos desde la siembra de la pastura hasta el segundo pastoreo donde se llevaron a cabo las mediciones.

Figura No. 1. Línea del tiempo del área experimental



3.1.6 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en este experimento fue un diseño en bloques completos al azar para evaluar la producción de la pastura y un diseño completamente al azar en el caso de la producción animal. El mismo consta de 3 bloques con 4 parcelas cada uno y cada tratamiento se repite 2 veces en cada bloque. El criterio para definir los bloques fue la topografía.

En la figura No. 2 se encuentra el croquis del experimento donde se puede apreciar la división en bloques del área experimental, así como también la numeración de las parcelas correspondientes a cada uno y el tratamiento al que fue asignada.

Figura No. 2. Croquis del experimento



La superficie total fue de 4,02 ha, promediando cada parcela $0,34 \pm 0,07$ ha, variando en un rango de entre 0,23 y 0,47 ha. La superficie individual de cada parcela se encuentra en el anexo No. 1.

El área correspondiente a cada tratamiento fue de 2,57 y 2,42 ha, con agregado de nitrógeno o sin el agregado de dicho nutriente respectivamente.

Las parcelas 13 a 16 corresponden al bloque cuatro el cual no fue evaluado como los tres restantes, pero si fueron pastoreadas y su superficie es tomada en cuenta para el cálculo de la producción de carne por hectárea.

3.2 HIPÓTESIS Y MODELO ESTADÍSTICO

3.2.1 Hipótesis biológica

Las parcelas que recibieron fertilización nitrogenada muestran una superioridad, tanto en producción de materia seca como en ganancia de peso de los animales que pastorean en ellas.

La fertilización nitrogenada provoca cambios en la composición botánica de la pastura favoreciendo la fracción gramínea en desmedro de las leguminosas.

3.2.2 Hipótesis estadística

$$H_0: T1 = T2$$

H_a : al menos un efecto de algún tratamiento es diferente.

3.2.3 Modelo estadístico

El modelo para producción vegetal es:

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

Siendo:

Y_{ij} = corresponde a la variable de interés.

μ = es la media general.

t_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = es el efecto del j-ésimo bloque.

ξ_{ij} = es el error experimental de bloque y tratamiento.

Modelo para ganancia animal:

$$Y_{i1} = \mu + t_i + \gamma_1 + \xi_{i1} \text{ con } \xi_{i1} \text{ iid } \sim N(0; \sigma^2)$$

Siendo:

Y_{i1} = corresponde al valor de la ganancia de peso del i-ésimo tratamiento.

μ = es la media poblacional.

t_i = es el efecto tratamiento.

γ_1 = es la covarianza del peso inicial.

ξ_{i1} = es el error experimental.

El mismo modelo se corrió para cada uno de los tratamientos, periodos y el total. Se usó el software estadístico Infostat para realizar los distintos análisis de varianza que se presentaran en el siguiente capítulo, usando como prueba de comparación de medias el test de Tukey, con un nivel de significancia del 10 por ciento.

3.3 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

3.3.1 Materia seca disponible y remanente

La materia seca disponible comprende la materia seca presente al inicio del pastoreo. La estimación se realizó siguiendo el método de doble muestreo, relacionando altura de la pastura con biomasa presente. Los puntos de corte fueron seleccionados identificando estratos de diferente altura. El número de estratos seleccionados por parcela fue doce. Los cortes se realizaron con tijera sobre un cuadro de 20×50 cm. La pastura cortada era pesada en laboratorio, determinando el peso fresco y luego el peso seco, previo secado en estufa durante dos días; con el objetivo de poder correlacionar la disponibilidad de materia seca con la altura de la pastura, mediante el ajuste del modelo correspondiente. La altura de la pastura dentro del cuadro se determinó colocando la regla en dos vértices

opuestos del cuadro y en el medio del mismo, promediando luego los tres valores obtenidos. En cada medición se tomaba en cuenta la hoja más alta en contacto con la regla (Campbell 1966, Barthram 1986).

La materia seca remanente es la que quedó luego de la salida de los animales y se determinó de la misma forma que la materia seca disponible.

3.3.2 Altura del disponible y del remanente

La altura del forraje disponible refiere a la altura promedio en centímetros de la pastura en la parcela, al momento de ingresar los animales. La altura del forraje remanente hace referencia a la altura promedio en centímetros del forraje en la parcela al momento de salir los animales. La medición se realizó con regla en 40 puntos ubicados en transectas trazadas en diagonal en cada parcela (Barthram, 1986).

3.3.3 Crecimiento en altura

Se calcula restando a la altura del forraje disponible, la altura del forraje remanente dejada por el pastoreo previo.

3.3.4 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento surge de dividir el crecimiento de materia seca entre el número de días de descanso de la parcela.

3.3.5 Disponible ajustado

El disponible ajustado se define como el forraje disponible de un pastoreo al que se suma un factor de corrección dado por el número de días que duró el pastoreo multiplicado por la tasa de crecimiento del periodo (Campbell, 1966).

3.3.6 Forraje desaparecido ajustado

Se calcula como la diferencia entre la cantidad de materia seca de forraje disponible ajustado y el forraje remanente.

3.3.7 Porcentaje de utilización

El porcentaje de utilización se calculó dividiendo las cantidades ajustadas de materia seca de forraje desaparecida y disponible entre sí, y el resultado de la operación anterior multiplicarlo por 100.

3.3.8 Composición botánica

La composición botánica refiere al aporte relativo en cobertura del área de cada componente de la pastura. La estimación se realizó mediante el método Brown (1954). Los componentes considerados fueron las tres especies de la mezcla, más el aporte de malezas y restos secos, los cuales sumados forman el cien por ciento del área cubierta; también se determinó el porcentaje de suelo descubierto. Ambos porcentajes fueron establecidos en referencia al mismo cuadro de 20×50 , utilizado para determinar la disponibilidad de materia seca.

3.3.9 Producción de materia seca de forraje

La producción de materia seca de forraje para un pastoreo puntual se calculó restando al forraje disponible, los kg correspondientes al remanente del pastoreo previo, y al resultado de esta operación sumar el producto de multiplicar los días de ocupación del bloque por la tasa de crecimiento de la pastura (Campbell, 1966).

Para el cálculo del total acumulado se sumó el resultado de los dos pastoreos correspondientes a una parcela o bloque.

3.3.10 Oferta de forraje

En primer lugar, a la cantidad de materia seca de forraje disponible por hectárea correspondiente a cada tratamiento, se la ajustó por la superficie promedio de sus parcelas, el número de días que duró el pastoreo y la tasa de crecimiento del período en cuestión.

Por otra parte, se calculó el peso vivo total de los novillos al inicio de cada pastoreo, para ambos tratamientos, multiplicando el número de novillos por parcela por su peso vivo promedio.

Al forraje disponible ajustado previamente se lo dividió por el número de días que duró el pastoreo y con el resultado de esta operación además del total de peso vivo de los novillos, mediante el empleo de una regla de tres se obtuvo el valor de oferta de forraje diaria expresada como kg de materia seca/100 kg de peso vivo para ambos tratamientos.

3.3.11 Peso vivo de los novillos

Los animales fueron pesados en tres momentos, correspondiendo estos al 10 de julio, el 15 de septiembre y el 7 de noviembre, a los efectos de obtener el peso vivo en cada uno de esos momentos y calcular variables asociadas.

3.3.12 Ganancia media diaria

Para calcular la ganancia media diaria para un período dado, se resta el peso vivo entre dos pesadas, y la diferencia se divide entre el número de días transcurridos entre las dos pesadas.

3.3.13 Producción de carne por tratamiento y por hectárea según tratamiento

En el caso de la producción de carne por tratamiento, se calculó el peso total de los lotes de animales asignados a cada tratamiento en el primer y tercer pesaje, y se los restó posteriormente.

Además, se relativizó cada una al área correspondiente a cada tratamiento, obteniendo la producción de carne por hectárea.

3.3.14 Eficiencia sobre el forraje desaparecido, producido y nitrógeno agregado

Para el cálculo de dichas eficiencias, se procede a dividir las cantidades de materia seca de forraje desaparecida o producida entre los kg de carne producidos en cada tratamiento.

En cuanto al cálculo en base al nitrógeno agregado, se divide la diferencia de producción de carne por hectárea entre tratamientos entre los kg por hectárea de nitrógeno agregados vía fertilizante.

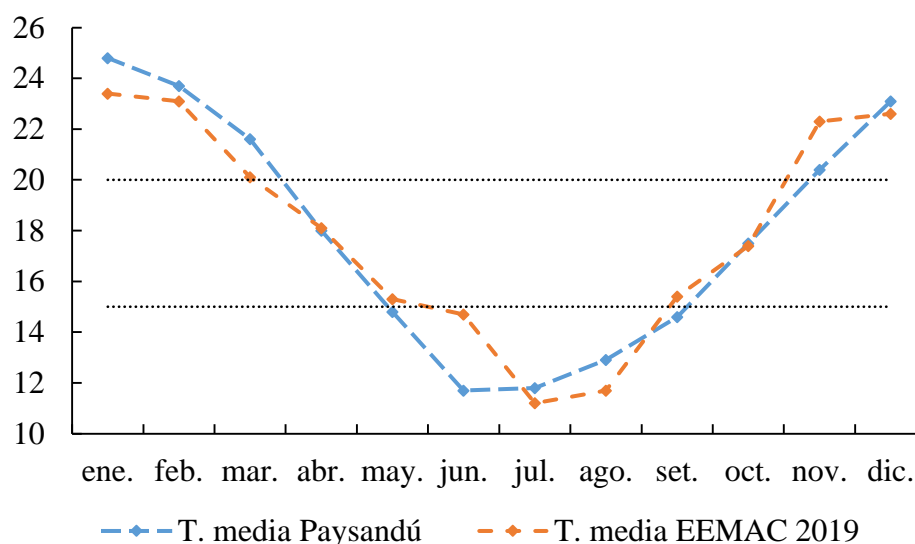
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1 Temperatura

En base a datos de UdelaR. Fagro. EEMAC. Estación Meteorológica y datos proporcionados por Zanoniani¹, se calculó la temperatura media mensual para el periodo comprendido entre los años 2002 a 2020 para comparar estos con los registrados a lo largo del año 2019 (ver anexo No. 2) según se observa en la figura No. 3.

Figura No. 3. Temperatura media mensual EEMAC 2019 y medias mensuales EEMAC 2002 – 2020



Fuente: elaborado en base a UdelaR. Fagro. EEMAC. Estación Meteorológica (2021), Zanoniani¹

La temperatura media anual para el periodo 2002 - 2020 fue de 18,1°C, solo 0,2°C superior a la media registrada en el año 2019, por lo que no deberían ocurrir grandes diferencias en lo que respecta a tasas de crecimiento o producción de forraje por ejemplo producto de la diferencia entre estos valores. Según Carámbula (2007a) el rango óptimo de temperatura de las especies con metabolismo C3 se sitúa entre 15 y 20°C.

¹ Zanoniani, R. 2021. Com. personal.

Previo al inicio de este experimento entre enero y abril las temperaturas registradas fueron menores a la media histórica, oscilando la diferencia entre $-0,3$ y $-1,8^{\circ}\text{C}$. En mayo en cambio la temperatura fue $0,6^{\circ}\text{C}$ mayor a la registrada entre 2002 - 2020.

En junio fue donde ocurrió la diferencia más notoria con los valores históricos ya que la temperatura media registrada en dicho mes fue $2,6^{\circ}\text{C}$ superior a la media, ubicándose cerca del valor inferior del rango óptimo de temperatura para las especies componentes de la mezcla sembrada, además de ser prácticamente equiparable este valor con la media histórica de setiembre.

Posteriormente en julio y agosto se registraron valores $0,4$ y $1,4^{\circ}\text{C}$ por debajo de la serie histórica, en septiembre $0,4^{\circ}\text{C}$ por encima, $0,5^{\circ}\text{C}$ por debajo en octubre y finalmente $1,3^{\circ}\text{C}$ superior en noviembre.

Si se toma como referencia un valor de desvío de 10 por ciento de los valores de 2019 respecto a la media, este fue alcanzado en agosto ($-10,0\%$) y superado en junio ($+26,0\%$), por lo que es esperable que haya diferencias considerables en alguna variable que afecte al crecimiento de la pastura respecto al resto de los meses donde la variación fue de entre -7 y 6% aproximadamente.

4.1.2 Precipitaciones

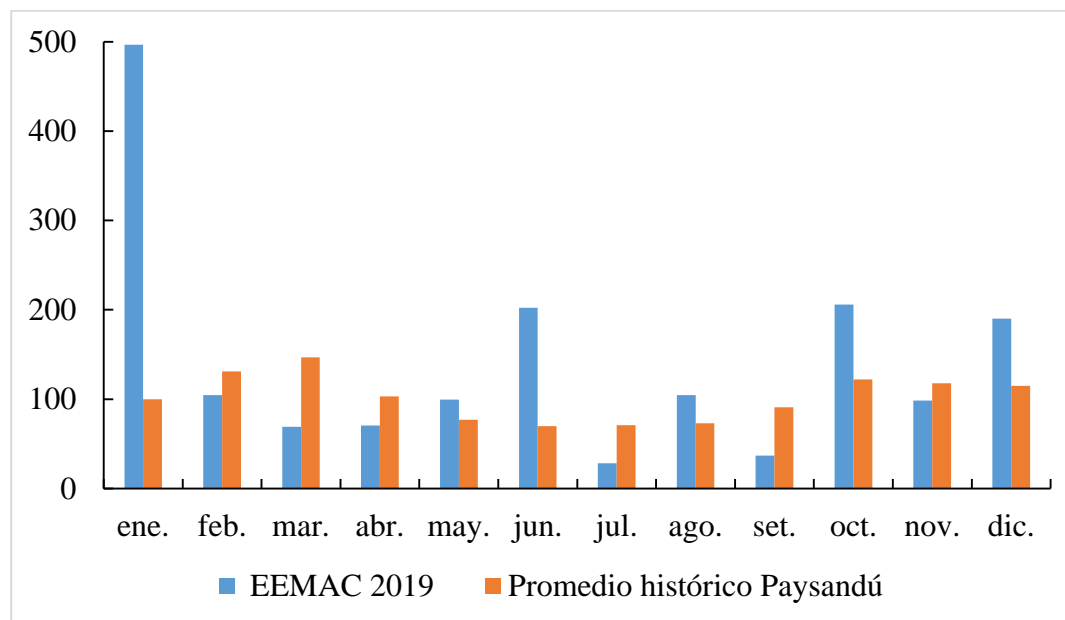
Las precipitaciones ocurridas en la EEMAC en el año 2019 fueron 489 mm superiores a las del promedio histórico (ver anexo No. 3). Puede notarse que los mayores excesos ocurrieron en meses particulares como enero, junio, octubre y diciembre, donde los datos de lluvias acumuladas en el mes superan los datos históricos para esos mismos periodos.

Es importante destacar los 390 mm por encima del promedio que ocurrieron en el mes de enero que son los que generan que este año tenga mayores precipitaciones, lo cual para la época del año (verano) es llamativo. Si bien las lluvias fueron inferiores en el otoño, es probable que no existiera déficit hídrico debido a una menor demanda atmosférica y por lo tanto el agua acumulada en suelo nunca haya sido deficiente para este año, recargándose en los meses nombrados anteriormente.

El régimen hídrico no tuvo un papel importante en el crecimiento y desarrollo de la pastura, salvo los meses de septiembre y noviembre donde se observan precipitaciones por debajo del promedio junto con una mayor demanda atmosférica dada la época del año. Esto puede generar una desecación en los primeros centímetros de suelo, lo cual puede haber afectado en mayor medida al trébol blanco dado que su sistema radicular es más superficial. En el periodo evaluado en este trabajo las precipitaciones registradas no permitieron que existieran déficits hídricos importantes, como se verá a continuación, por

lo tanto, el agua acumulada en suelo siempre fue suficiente para mantener un crecimiento adecuado de las especies que presentan raíces más profundas como la festuca.

Figura No. 4. Precipitaciones acumuladas para el año en estudio y promedio histórico



Fuente: elaborado en base a INUMET (s.f.), UdelaR. Fagro. EEMAC. Estación Meteorológica (2021), Zanoniani¹

4.1.3 Balance hídrico

Se realizó el balance hídrico del año 2019 según la metodología propuesta por Thornthwaite y Mather (1957) debido a la necesidad de conocer la evolución del estatus hídrico del suelo durante el experimento para descartar efectos producidos por deficiencias o excedentes de agua en el suelo.

En la confección del balance se emplearon los datos de precipitación presentados en la sección precedente. Adicionalmente se tomó como valor del agua potencialmente disponible neta 117 mm, que es el valor correspondiente a la unidad cartográfica de suelos San Manuel según Molfino y Califra (2001).

En el cuadro No. 2 se presentan los resultados del balance en cuestión.

Cuadro No. 2. Balance hídrico para el año 2019

A. D.	117
-------	-----

Mes	P.	ETP	P - ETP	Alm.	Var. alm.	ETR	Def.	Exc.
ene.	497	129	368	117	-	129	-	-
feb.	105	110	-5	112	-5	110	0	0
mar.	69	87	-18	96	-16	85	2	0
abr.	71	64	7	103	7	64	0	0
may.	100	44	55	117	14	44	0	41
jun.	202	37	165	117	0	37	0	165
jul.	28	23	6	117	0	23	0	6
ago.	104	26	79	117	0	26	0	79
set.	37	45	-8	110	-8	44	0	0
oct.	206	64	142	117	8	64	0	134
nov.	99	105	-7	111	-6	105	0	0
dic.	190	118	72	117	6	118	0	65

Dónde: A. D. es agua disponible, P. precipitaciones, ETP evapotranspiración potencial, Alm. almacenamiento, Var. alm. variación del almacenamiento, ETR evapotranspiración real, Def. deficiencias y Exc. excedentes. Todas las variables listadas anteriormente se encuentran expresadas en mm (milímetros).

Fuente: elaborado en base a Thornthwaite y Mather (1957), Molfino y Califra (2001), UdelaR. Fagro. EEMAC. Estación Meteorológica (2021), Zanoniani¹

Como se observa en el cuadro, el perfil del suelo estuvo completo en enero producto de las precipitaciones registradas en dicho mes, generando así dos posibles situaciones, por un lado, pérdida de nitrógeno en suelo por desnitrificación si se produjeron situaciones de largos periodos de saturación según Perdomo et al. (2001) y por último que *Trifolium repens* creciera en esta estación dada la ausencia de restricciones hídricas que afectan su crecimiento (Olmos 1997, Carámbula 2007a).

En febrero y marzo se dieron sucesivos descensos en el almacenamiento, llegando en marzo al mínimo en el periodo evaluado (96 mm), siendo el único mes donde se registraron deficiencias, para ascender en abril y mayo, mes en que se llega nuevamente al máximo de capacidad para mantenerse así hasta agosto, donde se producen excedentes de entre 6 y 165 milímetros. A partir de septiembre y hasta diciembre se alternan descensos y ascensos en torno al máximo. Como conclusión de lo que respecta al balance,

salvo la situación señalada precedentemente respecto al trébol blanco no se esperan reducciones importantes en la producción de materia seca de forraje de la pastura en su conjunto en base a la evolución del almacenamiento del suelo, dado que este parámetro tuvo su mínimo en aproximadamente un 80% del valor de agua disponible.

4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

4.2.1 Primer pastoreo

4.2.1.1 Forraje disponible

En el siguiente cuadro se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos en la materia seca disponible (ver anexo No. 4).

Cuadro No. 3. Cantidad de materia seca disponible (kg.ha⁻¹ MS) según tratamiento

Tratamiento	Disponible
N 64	1491 A
N 0	1367 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Dado que el nitrógeno ejerce una influencia marcada sobre la producción de materia seca, explicada por un aumento en la tasa de elongación foliar (Volenc y Nelson 1984, Mazzanti et al. 1994a) y una mayor producción de macollos (Mazzanti et al. 1994a, Colabelli et al. 1998), era esperable encontrar una mayor disponibilidad de forraje dada por el agregado de este nutriente.

El atraso en la fecha de siembra puede haber perjudicado el desarrollo posterior de la pastura, en este sentido, López et al. (2012), trabajando con la misma mezcla de este experimento, encontraron que hubo un efecto negativo del retraso de la fecha de siembra sobre el desarrollo inicial de la pastura, lo cual podría estar explicado por una mala implantación de la festuca y en contraposición una mayor dominancia del trébol blanco, lo que concuerda con la situación de la pastura evaluada en el presente trabajo. El predominio del trébol blanco en la mezcla estaría limitando la respuesta al agregado de nitrógeno.

En el mismo sentido, Zanoniani (2010) señala que el retraso de la fecha de siembra para después de abril debido a inconvenientes en la ejecución de la rotación planificada, pastoreos de sorgo en el otoño, esperas hasta que comiencen las lluvias para empezar a preparar la cama de siembra y períodos cortos de barbecho; determinan una disminución de por lo menos 3000 kg MS/ha en el período otoño - invernal, lo que provoca una menor productividad anual, una disminución en el área efectiva de pastoreo y una

sobrecarga del resto de las pasturas con la consiguiente pérdida de productividad y persistencia.

Además de lo expuesto en los párrafos anteriores, este disponible también se explicaría por una baja proporción de gramíneas, lo que se trata en profundidad en la sección de composición botánica más adelante.

Los valores de forraje disponible para el primer pastoreo coinciden con los valores reportados por Gallo et al. (2015), Rodríguez et al. (2015), Aldeta et al. (2017), con 1388, 1492 y 1456 kg.ha⁻¹ MS respectivamente, trabajando todos ellos con la misma mezcla forrajera, pero, en edades de las pasturas comprendidas entre los años 1 a 3.

Sin embargo, si la comparación se realiza con autores tales como Folgar y Vega (2013), Maciel y Tucci (2015), los mismos reportaron valores de forraje disponible de 2313 y 1946 kg.ha⁻¹ MS, siendo estos superiores a los obtenidos en esta tesis.

4.2.1.2 Forraje remanente y porcentaje de utilización

A continuación, en el cuadro No. 4 se observa la cantidad de materia seca de forraje remanente y porcentajes de utilización según el tratamiento producto del primer pastoreo.

Cuadro No. 4. Cantidad promedio de materia seca remanente (kg.ha⁻¹ MS) y porcentaje de utilización según tratamiento

Tratamiento	Remanente	% de utilización
N 64	863 A	56 A
N 0	738 A	59 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Respecto al forraje remanente en este pastoreo no fueron halladas diferencias significativas entre tratamientos (ver anexo No. 6), además de que se mantiene el orden entre tratamientos observado en el forraje disponible, donde el tratamiento con agregado de nitrógeno numéricamente fue mayor tanto en el forraje disponible como en el remanente.

Si bien no existieron diferencias que tengan significancia en la utilización del forraje, se observa un mayor porcentaje en la utilización a favor del tratamiento sin agregado de nitrógeno, dando como resultado un menor remanente (ver anexo No. 7). Es un valor esperable de utilización para ser una pastura sembrada de segundo año.

Si se comparan los valores del cuadro No. 4 con los reportados por Gallo et al. (2015) estos son menores que los presentados por dichos autores (1091 kg.ha⁻¹ MS), pero,

mayores a los obtenidos por Rodríguez et al. (2015), Aldeta et al. (2017) con 813 y 540 kg.ha⁻¹ MS.

4.2.1.3 Suelo descubierto

En el cuadro No. 5 se presentan los valores medidos como porcentaje de suelo descubierto previo al pastoreo y posterior a este según el tratamiento.

Cuadro No. 5. Porcentaje de suelo descubierto en el forraje disponible y remanente según tratamiento en el primer pastoreo

Tratamiento	Disponible	Remanente
N 0	9,8 A	13,9 A
N 64	9,4 A	16,5 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

En ninguno de los dos momentos donde se midió esta variable fueron halladas diferencias significativas entre tratamientos (ver anexo No. 8), siendo prácticamente idéntico el valor en la estimación del forraje disponible y posteriormente se constata una diferencia numérica a favor del tratamiento con agregado de nitrógeno al momento de la medición del forraje remanente.

Dada la ausencia de diferencias significativas observada en esta sección es que en la siguiente se comparan para un mismo componente los valores hallados sin corregir por el porcentaje de suelo descubierto.

4.2.1.4 Composición botánica del forraje disponible

En el cuadro No. 6 se observa la distribución porcentual de los distintos componentes hallados en la mezcla forrajera.

Cuadro No. 6. Porcentaje ocupado por cada componente en el disponible del primer pastoreo

Tratamiento	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	Restos secos
N 64	28 A	51,5 A	9,2 A	4,8 A
N 0	26,5 A	52,3 A	10,2 A	4,7 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Se debe tener en cuenta que, al momento de hacer las estimaciones correspondientes al primer pastoreo, además del fosforo agregado a la siembra, la pradera cuenta con la fertilización inicial realizada durante la implantación y una parte de la misma

correspondiente al año 2019, que se realizó en mayo (en el tratamiento N 64, ver materiales y métodos).

El aporte de nitrógeno inicial produjo efectos significativos en implantación de festuca (27 % con agregado y 24 % sin agregado) lo que se puede observar en la tesis de Abraham et al. (2020), así como también que el trébol blanco fue el que tuvo mayor implantación en ambos tratamientos (ver anexo No. 5) y el efecto positivo de la fertilización sobre la festuca no fue suficiente como para mantenerse en el segundo año de la pradera, siendo además éste, el período en el cual suele dominar la leguminosa en la mezcla (García 1995, Carámbula 2007a), lo cual contribuiría a eliminar la diferencia lograda inicialmente. Como se señala en la tesis de Figueredo et al. (2021) durante el verano y el otoño del 2019 tampoco se observó un efecto significativo de la fertilización realizada en implantación.

Más específicamente, y a nivel de las parcelas, al momento de realizar las distintas mediciones, esto se evidenciaba a través de la dificultad para visualizar la línea de siembra en el caso de la gramínea (situación que se produce con frecuencia en el tercer año o más de la pastura), y en lotus, que, sembrada al voleo, se esperaba una distribución homogénea de las plantas, hecho que no ocurrió debido a que se alternaban sitios sin presencia de individuos de la especie con otros con una mayor contribución de la misma, lo que explica el alto valor del coeficiente de variación hallado cuando se efectuó el análisis de varianza para esta leguminosa (anexo No. 9).

Si bien en ningún caso existieron diferencias significativas para un mismo componente entre tratamientos (ver anexo No. 9), si se observa que numéricamente en el tratamiento en que se agregó nitrógeno hay mayor porcentaje de festuca y menor de las leguminosas, siendo igual la cantidad de restos secos.

La ausencia de efectos significativos del agregado de nitrógeno puede estar explicada por la baja presencia de gramíneas que se observó en el experimento, ya que estas son las que presentan la mayor capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada. De acuerdo con Ennik y McKenzie, citados por Rebuffo (1994), no se esperan respuestas importantes cuando las leguminosas dominan en el tapiz. En coincidencia, Carámbula (2006) sostiene que las mezclas de segundo año no son adecuadas para fertilizar con nitrógeno, dado el dominio generalizado que se registra en las pasturas de la región por parte de las leguminosas. A su vez, es esperable que el contenido de nitrógeno en el suelo sea suficiente, dada la predominancia del trébol en la mezcla. Según Carámbula (2006) una leguminosa aporta 30 kg de N por cada tonelada de materia seca.

Se observa que, dentro de la fracción leguminosa, el mayor aporte está dado por el trébol blanco, en una relación de aproximadamente 5:1 con respecto al lotus, lo cual es esperable para el período invernal, dado los ciclos de cada especie y características inherentes del cultivar INIA Rigel.

Los datos concuerdan con lo expuesto por Carámbula (2007a), quien sostiene que las praderas de segundo año suelen estar dominadas por las leguminosas y presentan un bajo contenido de gramíneas.

En trébol blanco o lotus, dependiendo del manejo aplicado, se puede promover la semillazón y posterior germinación, haciendo variar el número de plantas presentes (García 1995, Formoso 1996, Carámbula 2007). En el caso particular de la festuca, en cambio se debe recordar que el número de individuos queda fijo tras la implantación, por lo que al agregar nitrógeno no deberían esperarse incrementos en la cobertura de esta especie más allá de la promoción del macollaje o el aumento en el diámetro de los macollos, por lo que, vista la diferencia hallada en el porcentaje de ocupación de esta especie entre tratamientos, es más probable que haya operado el segundo mecanismo (Rebuffo 1994, Carámbula 2007, Ball y Field, citados por García Favre 2017).

4.2.1.5 Composición botánica del forraje remanente

Luego de presentada la composición botánica del forraje disponible, corresponde lo mismo para el forraje remanente, que se observa en el cuadro No. 7.

Cuadro No. 7. Porcentaje ocupado por cada componente en el remanente del primer pastoreo

Tratamiento	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	Restos secos
N 64	33,5 A	35,9 A	12,3 A	7,9 A
N 0	30,3 A	43 A	7 A	6,2 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Así como se observó en la sección precedente, tampoco se hallaron diferencias significativas para los componentes evaluados, siendo estas solo numéricas (ver anexo No. 7).

En el forraje remanente se mantiene la superioridad numérica en la proporción de festuca, a favor del tratamiento fertilizado, mencionada con anterioridad en el cuadro No. 6, con la diferencia de que, en este momento, se observa un mayor porcentaje del área cubierto por esta especie en ambos tratamientos.

Por otra parte, en referencia al trébol blanco, su ocupación porcentual decrece debido al agregado de nitrógeno, aunque la misma fue menor que en el disponible, independientemente del manejo de la fertilización. En cambio, en lotus se revirtió lo observado inicialmente en el disponible y su presencia fue mayor en el tratamiento N 64.

En términos generales y de acuerdo a lo expresado en los párrafos anteriores, se puede evidenciar cierta preferencia hacia el trébol blanco en comparación a la festuca.

Esto puede estar explicado por un mayor consumo del primero, corroborando la preferencia de los animales por las leguminosas observada por Briseño y Wilman (1981).

4.2.1.6 Altura del forraje disponible y remanente

En el cuadro No. 8 se encuentran los valores de altura del forraje para ambos tratamientos.

Cuadro No. 8. Altura del forraje disponible y remanente (cm) según tratamiento

Tratamiento	Altura del disponible	Altura del remanente
N 64	12,7 A	5,7 A
N 0	11,3 A	4,2 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

No fueron halladas diferencias significativas en cuanto a las alturas del forraje, aunque numéricamente fueron de 1,5 centímetros aproximadamente en cada medición a favor del tratamiento fertilizado (ver anexo No. 10). Adicionalmente, esta diferencia en altura explica la diferencia en el forraje disponible presentada en el cuadro No. 3.

Zanoniani et al. (2006) sugieren un rango que varía entre los 15 y 20 cm como altura para ingresar a pastorear las distintas pasturas. Además, según Perrachon (2009), Maranges et al. (2019) no se debería pastorear dejando menos de 5 a 7 cm de forraje remanente.

La altura del forraje disponible fue menor a la recomendada en ambos tratamientos. En cambio, en el tratamiento sin agregado de nitrógeno la altura del remanente fue menor a las mencionadas anteriormente y mayor en el tratamiento con el agregado del nutriente.

El manejo llevado a cabo respecto a estos parámetros en este pastoreo, si se reitera en el tiempo, junto a las limitantes que se presentaron previamente tales como haber sido sembrada en fecha tardía, tener problemas de implantación de algunos de sus componentes y posterior enmalezamiento estival, comprometen la persistencia y producción posterior de la mezcla forrajera, por lo que se debería prestar atención a su manejo.

4.2.2 Segundo pastoreo

4.2.2.1 Forraje disponible

En el siguiente cuadro se observa que tampoco existieron diferencias significativas en forraje disponible debido a la fertilización. En este caso la estimación del forraje disponible fue realizada posteriormente a la segunda refertilización nitrogenada correspondiente al tratamiento.

Cuadro No. 9. Cantidad de materia seca disponible ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) según tratamiento

Tratamiento	Disponible
N 64	2643 A
N 0	2593 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

La proporción de gramíneas no registró cambios entre el primer y el segundo pastoreo y continúa en valores muy reducidos, lo cual como ya se mencionó, estaría limitando la respuesta al agregado de nitrógeno.

Con respecto a la fecha de fertilización, se debe tener en cuenta que la respuesta de las gramíneas está determinada por la capacidad de macollaje, la cual es máxima en otoño, se reduce en primavera y es mínima en verano. Si bien el agregado de nitrógeno en agosto también podría estimular en cierta medida el macollaje, este efecto sería de menor magnitud al ocurrido en el otoño, ya que la mayoría de las macollas se encuentran en estado reproductivo o en la transición hacia este, inhibiéndose el macollaje por efecto de la dominancia apical (Beguet y Bavera, 2001). En este sentido Rebuffo (1994) sostiene que, la capacidad de respuesta de un tallo reproductivo al agregado de nitrógeno estará limitada a pequeños aumentos en el tamaño de los órganos ya formados en el tallo, a diferencia de la situación en estado vegetativo donde se pueden formar nuevos macollos y más grandes. Esto también puede explicar, en parte, porque no se observó un efecto significativo del agregado de nitrógeno realizado en el mes de agosto.

Los valores de forraje disponible son similares a los reportados por Gallo et al. (2015). Estos autores encontraron una disponibilidad de forraje de $2584 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS, trabajando sobre la misma mezcla y durante el mismo período.

4.2.2.2 Forraje remanente y porcentaje de utilización

A continuación, en el cuadro No. 10 se presenta la evolución del forraje remanente y del porcentaje de utilización.

Cuadro No. 10. Cantidad de materia seca remanente ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) y porcentaje de utilización según tratamiento

Tratamiento	Remanente	% de utilización
N 64	1556 A	48 B
N 0	1016 B	68 A

Medias con una letra diferente (en la columna) son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Fueron halladas diferencias significativas entre tratamientos respecto al forraje remanente, lo que explica también la diferencia hallada en el porcentaje de utilización. Esto está explicado por una mayor presencia de leguminosas en el tratamiento sin fertilizar (N 0), tal como se observa en el cuadro No. 12, lo cual deriva en una mayor preferencia por estas, aumentando el consumo animal y por tanto incrementando la utilización. Según Carámbula (2007a), un aumento en el contenido de leguminosas puede favorecer el consumo de la gramínea presente, debido a una mejora en la digestibilidad de la materia orgánica ofrecida.

Gallo et al. (2015) reportan valores de materia seca remanente de $1211 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS, intermedios entre los observados para N0 y N64, en este trabajo.

El porcentaje de utilización del tratamiento N 64 fue inferior al encontrado por Arenares et al. (2011), siendo éste de 62 %, para el mismo año de la pradera y el mismo período del año.

Para el caso del tratamiento N 64, si se toman como referencia los valores reportados por Malán y Zollinger (2021), de 48 y 49% para los tratamientos 50 N y 75 N de su experimento respectivamente, estos, son casi idénticos al valor resultante de este trabajo.

Por otra parte, si se compara con Nuñez et al. (2021), se encuentra que el porcentaje promedio correspondiente al tratamiento 100 reportado por dichos autores es mayor al correspondiente a N 0 en este trabajo, pero, el valor de este último, es mayor al reportado en el caso de 0, 50 y 75. Sin embargo, la media de cada tratamiento, fue superior que el valor de N 64, siendo el valor de 0, el más semejante a este.

4.2.2.3 Suelo descubierto

En el cuadro No. 11 se observa cómo evolucionó el porcentaje de suelo descubierto pre pastoreo y posterior a este.

Cuadro No. 11. Porcentaje de suelo descubierto en el forraje disponible y remanente según tratamiento en el segundo pastoreo

Tratamiento	Disponible	Remanente
N 0	11,3 A	18,5 A
N 64	10,4 A	21,7 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

No fueron halladas diferencias significativas entre tratamientos, lo que permite hacer comparaciones entre los componentes del área cubierta entre tratamientos sin necesidad de corregir por este valor.

4.2.2.4 Composición botánica del forraje disponible

En el cuadro No. 12 se presentan los porcentajes de cobertura de cada fracción en el forraje disponible del segundo pastoreo según tratamiento.

Cuadro No. 12. Porcentaje ocupado por cada componente en el disponible del segundo pastoreo

Tratamiento	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	Restos secos
N 64	24,6 A	54,8 B	12,9 A	3,1 A
N 0	21,5 A	60,4 A	10,8 A	4,1 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Según se puede observar en el cuadro hay diferencias significativas en el aporte de trébol blanco a la mezcla, en la cual se puede ver una menor presencia de esta leguminosa en el tratamiento con agregado de nitrógeno (N 64). Esto podría ser explicado por el efecto que tiene el agregado de nitrógeno sobre la fijación biológica realizada por la leguminosa. Según Carámbula (2007a), en pasturas dominadas por leguminosas, si bien existe un efecto inicial favorable de la fertilización sobre la producción de ambas fracciones de la mezcla, el resultado global suele ser una reducción en el porcentaje de leguminosas y una respuesta total negativa de la pastura. Cuando aumenta el contenido de nitrógeno mineral por agregado de este nutriente al suelo, la leguminosa prioriza su utilización debido al menor costo energético, lo que provoca un debilitamiento en la relación leguminosa - Rhizobium. Posteriormente, una vez agotado el nitrógeno presente en el suelo, la leguminosa debe restablecer la asociación con el simbiote, lo cual le insume un mayor gasto energético, pudiendo afectar el crecimiento de la misma.

La proporción de lotus continúa siendo baja, a pesar de que las estimaciones del segundo pastoreo corresponden a la primavera y hubiera sido esperable que esta especie se vea favorecida por el aumento en la temperatura y la luminosidad. Es probable que la competencia del trébol blanco, dominante en ese momento, haya impedido que el lotus responda a esa mejora en las condiciones ambientales.

4.2.2.5 Composición botánica del forraje remanente

En el siguiente cuadro se observa que no existieron diferencias significativas en la composición botánica del forraje remanente.

Cuadro No. 13. Porcentaje ocupado por cada componente en el remanente del segundo pastoreo

Tratamiento	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	Restos secos
N 64	26,5 A	53 A	4,9 A	8,8 A
N 0	20,5 A	51,7 A	6,8 A	10,5 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Como puede observarse en el cuadro, a diferencia de lo ocurrido en el primer pastoreo, la proporción gramínea leguminosa se mantiene constante entre el disponible y el remanente. Esto puede deberse, como se explicó anteriormente, a la disminución que se registra en esta época en la tasa de macollaje de la festuca, lo que provoca que el forraje remanente perteneciente a esta especie ocupe una menor proporción del mismo. Según Formoso (2010) en festuca se registra una disminución de la tasa de macollaje del orden del 60 % en el período agosto - septiembre. A su vez en esta etapa se produce una mayor mortandad de las macollas menos fértiles debido a que la planta prioriza las que entran en estado reproductivo.

El aporte porcentual de cada especie observado en el presente trabajo, tanto para el primero como para el segundo pastoreo, difiere del reportado por Gallo et al. (2015), ya que estos autores obtuvieron valores similares para gramíneas y leguminosas (10 a 16 %), siendo mayores los porcentajes de malezas (en torno al 35 %).

4.2.2.6 Altura del forraje disponible y remanente

En el cuadro No. 14 se observa la altura promedio del forraje disponible y remanente según el tratamiento.

Cuadro No. 14. Altura del forraje disponible y remanente (cm) según tratamiento

Tratamiento	Altura del disponible	Altura del remanente
N 64	23,3 A	14,5 A
N 0	23,5 A	14,5 A

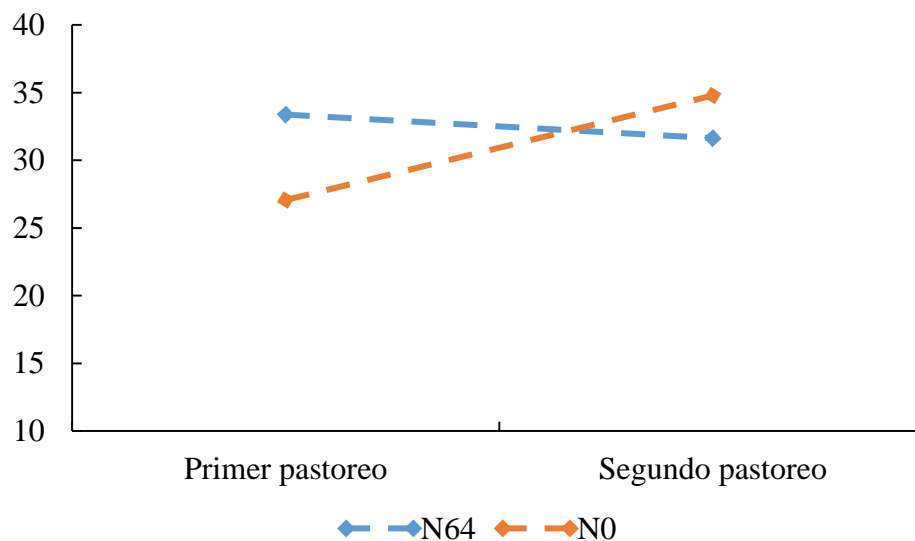
Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

En el período evaluado la altura de ingreso estuvo dentro del rango recomendado que se mencionó para el caso del primer pastoreo. Adicionalmente, la altura del remanente fue superior a la recomendada, que es de 5 a 7 cm, por lo que en este caso no se cumple con el objetivo de altura de salida fijado para este trabajo.

4.2.3 Período general

4.2.3.1 Tasa de crecimiento

En el siguiente gráfico se presenta la evolución de la tasa de crecimiento entre pastoreos para cada tratamiento.

Figura No. 5. Tasa de crecimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ MS) según pastoreo y tratamiento

Según se observa en la figura anterior, la tasa de crecimiento varía entre pastoreos, no siendo la diferencia hallada dentro de un mismo pastoreo estadísticamente significativa (ver anexo No. 12).

La tasa de crecimiento en el tratamiento fertilizado registra un leve descenso entre el primer y el segundo pastoreo. Como ya se mencionó, la fertilización nitrogenada pudo haber tenido un efecto negativo sobre el trébol blanco, deprimiendo su producción de materia seca, lo que podría explicar la menor tasa de crecimiento observada.

Considerando las estaciones completas y calculando a partir de los datos de producción de materia seca presentados por García, citado por Leborgne (2014) la tasa de crecimiento, se obtienen valores aproximados de 22 y 47 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ MS para invierno y primavera respectivamente. Independientemente del tratamiento, los valores hallados en esta tesis en el primer pastoreo son superiores al correspondiente a la estación completa, e inferiores a los calculados para la primavera.

Si se compara con los resultados obtenidos por Arenares et al. (2011), el comportamiento de la tasa de crecimiento es similar para el caso del tratamiento N 0, no así para el tratamiento fertilizado. Los valores que reportan dichos autores son de 20 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ MS para el invierno y de 45 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ MS para la primavera.

4.2.3.2 Producción de materia seca

En el cuadro No. 15 se observa la producción de materia seca de forraje según pastoreo y tratamiento (medida como $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS, ver anexos No. 11 y No. 13).

Cuadro No. 15. Producción de materia seca de forraje según pastoreo y tratamiento

Tratamiento	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Total
N 64	1491 A	2440 A	3931 A
N 0	1209 A	2693 A	3902 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

En el primer pastoreo, si bien numéricamente, la diferencia entre ambos tratamientos fue de 300 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS aproximadamente, no fueron halladas diferencias estadísticamente significativas. Como se observó anteriormente, estos valores están explicados por la diferencia existente en las tasas de crecimiento (de 6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ MS aproximadamente) y tendrá implicancias en la oferta de forraje a los distintos lotes de novillos y su evolución del peso vivo.

Estos valores son ampliamente superiores a los 752 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS reportados por Gallo et al. (2015) para el período invernal estudiado por dichos autores, pero, inferiores a los reportados por Folgar y Vega (2013) con valores que van de 4300 a 5100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS.

En el segundo pastoreo, tampoco fueron halladas diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, siendo la diferencia de 250 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS aproximadamente, con la particularidad de que, en este caso, fue a favor del tratamiento

sin agregado de nitrógeno. Nuevamente, la explicación se encuentra en las tasas de crecimiento, con valores semejantes entre tratamientos.

Si se compara nuevamente con los datos de Gallo et al. (2015) para el período primaveral, dichos autores reportaron 2763 kg.ha⁻¹ MS, siendo este valor semejante al obtenido en el tratamiento N 0, y superior al correspondiente a N 64. En cambio, los dos tratamientos de este experimento produjeron más forraje en dicha estación en relación con las dotaciones más altas de Folgar y Vega (2013, <2000 kg.ha⁻¹ MS, 2,17 y 1,52 animales.ha⁻¹), siendo superada por la dotación de 0,87 animales.ha⁻¹ y 3000 kg.ha⁻¹ MS aproximadamente de los mismos autores.

Al igual que sucedió al evaluar cada pastoreo en forma individual, tampoco fueron halladas diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, considerando todo el período. Las medias correspondientes a cada uno, tuvieron diferencias mínimas, explicado esto por la duración del descanso y ocupación de las distintas parcelas y la variación observada en las tasas de crecimiento, lo que llevó a los valores aquí expuestos.

López y Olivera (2017), Malán y Zollinger (2021) trabajando en ambos casos con pasturas con la misma mezcla forrajera que en este experimento, pero, de cuarto año, reportaron valores de 3100 y en el rango de 900 a 1700 kg.ha⁻¹ MS respectivamente. Además, comparado con los tratamientos en que la mezcla incluía festuca, y en el segundo año de la pastura, Gallo et al. (2015), Aldeta et al. (2017) obtuvieron 3500 y 3300 kg.ha⁻¹ MS siendo todos estos valores inferiores a los aquí obtenidos.

Por otra parte, si se toma en cuenta a Maciel y Tucci (2015, misma mezcla forrajera, primer año de la pastura), los valores del cuadro No. 15 son semejantes a los 3961 kg.ha⁻¹ MS reportados por dichos autores.

Cuando la comparación se realiza con autores tales como Arenares et al. (2011, con la misma mezcla y edad de la pastura), de Souza y Presno (2013), Folgar y Vega (2013), estos últimos dos trabajos en pasturas de tercer año, la producción de materia seca acumulada es superior a la obtenida en este experimento, obteniendo los autores citados 6359 kg.ha⁻¹ MS, entre 5000 y 7800 kg.ha⁻¹ MS y un rango de entre 6300 a 7300 kg.ha⁻¹ MS respectivamente, explicado esto por mayores períodos de medición y/o diferentes condiciones climáticas, cargas animales u otras.

Además de lo expuesto anteriormente, si se divide la diferencia en producción de forraje entre los tratamientos, surge que se obtuvieron como respuesta a la fertilización 0,45 kg MS/ kg N agregado por hectárea. Sin embargo, si se considera solamente la respuesta observada en el primer pastoreo, la misma es de 8,8 kg de MS. por kg de nitrógeno agregado, teniendo en cuenta los 32 kg de N agregados en mayo. Esta mayor respuesta con respecto al segundo pastoreo estaría explicada principalmente por una

menor concentración de nitrógeno en el suelo. Se debe considerar también el hecho de que, si bien la proporción de gramíneas es baja en todo el período, la misma es levemente superior en el primer pastoreo en relación al segundo, lo que también permitiría mejorar la respuesta a la fertilización.

4.2.3.3 Forraje desaparecido

En el cuadro No. 16 se observa el forraje desaparecido según tratamiento.

Cuadro No. 16. Forraje desaparecido (kg.ha⁻¹ MS)

Tratamiento	Desaparecido
N 0	3469 A
N 64	2895 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Se observa que existieron diferencias significativas en la materia seca desaparecida (ver anexo No. 14). Esto era esperable ya que existió una mayor utilización de forraje en el tratamiento N 0, tal como se observó en el segundo pastoreo. Como fue expuesto anteriormente en referencia al cuadro No. 10, esta diferencia en utilización se explica por una mayor proporción de trébol blanco en dicho tratamiento.

Los valores de forraje desaparecidos son inferiores a los obtenidos por de Souza y Presno (2013), quienes reportan valores entre 3600 y 4600 kg.ha⁻¹ MS.

4.2.3.4 Malezas

En el cuadro No. 17 se observa cómo varió el enmalezamiento en función del tratamiento, el pastoreo y el momento dentro de este.

Cuadro No. 17. Porcentaje de cobertura de malezas en el forraje disponible y remanente según tratamiento y pastoreo

Tratamiento	Primer pastoreo		Segundo pastoreo	
	Disp.	Rem.	Disp.	Rem.
N 64	6,5 A	12,1 A	4,6 A	10,4 A
N 0	6,2 A	11,7 A	3,2 A	6,8 A

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Al momento de medir el forraje disponible entre pastoreos sucesivos, se constata un descenso del porcentaje del área cubierto por malezas independientemente del tratamiento. Esta tendencia fue señalada previamente por Figueredo et al. (2021), donde, en el primer pastoreo evaluado por dichos autores, el enmalezamiento alcanzaba valores

en el entorno de 40 - 50% (ver anexo No. 15) siendo estos valores similares a los reportados previamente por Da Re et al. (2019), Martínez (2020).

Si se toma en cuenta el porcentaje máximo sugerido por Carámbula (2007a) de 10%, los valores obtenidos en este trabajo son concordantes con dicho autor.

En cuanto a las especies, se destacan principalmente *Bowlesia incana*, *Chaptalia sp.*, *Cerastium glomeratum*, *Stellaria media*, *Medicago lupulina*, *Conyza sp.*, *Sida sp.*, *Carduus acanthoides*, *Cirsium vulgare*, todas ellas de ciclo invernal a excepción de *Conyza sp.* y *Sida sp.* según Rosengurtt (1979). Dentro de las especies nombradas anteriormente, las que contribuyeron en mayor medida al enmalezamiento fueron *Bowlesia incana* y *Medicago lupulina* concordando con lo expuesto por Da Re et al. (2019), Martínez (2020).

Como se observa en el cuadro, los porcentajes de malezas eran mayores cuando se medía el forraje remanente en relación al disponible. Este hecho tiene dos explicaciones, por un lado, en el caso de *Carduus acanthoides* y *Cirsium vulgare* por la presencia de espinas en sus hojas, que actúan como defensas mecánicas y, por otro lado, especies como *Bowlesia incana* y *Medicago lupulina* cuyo tipo productivo es tierno o *Chaptalia sp.* que es clasificada como maleza menor o enana, no son consumidas por quedar por debajo del horizonte de pastoreo de los animales (Rosengurtt, 1979).

4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL

4.3.1 Oferta de forraje

En el cuadro No. 18 se muestra como fue la oferta de forraje diaria según tratamiento, pastoreo y el promedio para la totalidad del periodo evaluado.

Cuadro No. 18. Oferta de forraje según tratamiento y pastoreo

Tratamiento	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
N 64	4,4	4,4	4,4
N 0	3,8	4,2	4,0

Como se observa en el cuadro, la oferta de forraje se mantuvo constante entre pastoreos si se considera al tratamiento donde se agregó nitrógeno, siendo en ambos casos mayor al tratamiento sin el agregado del nutriente. La diferencia entre ambos fue más notoria en el caso del primer pastoreo que en el segundo (0,6 versus 0,2 kg MS/100 kg PV respectivamente) lo que pudo llevar a que los animales expresaran una mayor selectividad.

Considerando al tratamiento sin fertilizar, este tuvo una variación importante (mayor al 10 por ciento) respecto al primer pastoreo, lo que situó a la oferta de forraje en valores semejantes a los de N 64 producto de la menor tasa de crecimiento que tuvo este último durante el segundo pastoreo, pero, esta mejora en la cantidad de forraje ofrecido no pudo traducirse en una compensación en el crecimiento de los novillos.

Tomando como referencia el rango de 4,5 a 7,0 kg MS/ 100 kg PV sugerido por Zanoniani (2014), se tiene que N 64 se puede considerar dentro del mismo durante todo el período evaluado, no así N 0, al menos en el primer pastoreo.

4.3.2 Evolución del peso vivo y ganancia diaria individual de peso según tratamiento para el primer periodo

El primer periodo donde fue evaluada la evolución del peso vivo y ganancia media diaria corresponde al intervalo comprendido entre el 10 de julio y el 15 de septiembre, abarcando un periodo de 67 días. En el cuadro No. 19 se hallan los valores obtenidos.

Cuadro No. 19. Ganancia diaria individual de peso según tratamiento para el primer periodo

Tratamiento	Peso inicial	GMD	Peso final
N 64	306,7	0,88 A	365,7
N 0	295,5	0,83 B	350,8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

A nivel individual, existió una diferencia de aproximadamente 11 kg en el peso de los novillos en la primera pesada a favor de los novillos asignados al tratamiento con agregado de nitrógeno, que corresponde a un 3% de variación entre lotes de animales, por lo que se podría afirmar que son homogéneos los grupos (ver anexo No. 16).

Se observan diferencias significativas en ganancia diaria de peso que se corresponden con el primer pastoreo (ver anexo No. 17). La mayor ganancia a favor del tratamiento N 64 podría estar explicada por cambios en la calidad de la pastura y cambios en las características del forraje cosechado. Con respecto a la calidad del forraje, se conoce que el nitrógeno contribuye a aumentar el porcentaje de proteína y la concentración de carbohidratos solubles. A su vez, según Mazzanti y Lemaire (1994b), el nitrógeno provoca cambios en la estructura espacial de la pastura, facilitando la cosecha por parte del animal y permitiendo que el mismo recoja mayor proporción de láminas, con lo que disminuye el costo energético de cosecha y aumenta la calidad del forraje recogido. Ambos factores podrían explicar la mayor ganancia debida al agregado de nitrógeno.

En el cuadro No. 8, se observa una diferencia en 1,4 cm de altura del forraje disponible a favor del tratamiento N 64. Si bien la diferencia no es significativa, la misma estaría en concordancia con lo explicado anteriormente referido al cambio de estructura, teniendo en cuenta que las diferencias en ganancia de peso debidas al agregado de nitrógeno, si bien son significativas estadísticamente, no son de gran magnitud, por lo que podrían explicarse en base a los factores mencionados.

Las diferencias en ganancia animal a favor del tratamiento N 64, también podrían estar explicadas por la presencia de raigrás. Anteriormente García Favre (2017) llevó a cabo un experimento donde se evaluó la producción de materia seca de *Lolium multiflorum* en distintos tratamientos en el mismo potrero en el cual se realizó el presente trabajo. Carámbula (2007a) indica como una de las fortalezas de la especie el hecho de tener muy buena capacidad de semillazón, lo que explicaría la formación de un banco de semillas en el suelo que germinó posteriormente haciendo confundir a dicha gramínea con festuca al no evaluar cada planta de forma individual. Es probable que la respuesta del raigrás al agregado de nitrógeno haya sido mayor, tanto en tasa de elongación foliar como macollaje, dado que se trata de una especie anual, lo que favorecería la ganancia animal en el tratamiento fertilizado.

Se debe considerar que la oferta de forraje fue superior en el tratamiento N 64 (cuadro No. 18), lo que también contribuye a explicar las mayores ganancias de peso para este tratamiento, en dicho período.

4.3.3 Evolución del peso vivo y ganancia diaria individual de peso según tratamiento para el segundo periodo

Se evaluó la evolución de peso vivo y ganancia media diaria correspondiente al periodo, comprendido entre el 15 de septiembre y el 7 de noviembre, comprendiendo 53 días en este caso según se observa en el cuadro No. 20.

Cuadro No. 20. Ganancia diaria individual de peso según tratamiento para el segundo periodo

Tratamiento	Peso inicial	GMD	Peso final
N 64	365,7	1,45 A	443,7
N 0	350,8	1,38 A	423,2

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

En el segundo pastoreo no se encuentran diferencias significativas, las ganancias diarias por animal, son superiores a la del primer pastoreo, esto concuerda con la época del año, dado que el segundo pastoreo se efectuó en los meses de septiembre -noviembre, en los cuales el crecimiento de la pastura es mayor (ver anexo No. 17). El peso final de

los animales tuvo una diferencia mayor que la que se registró en julio, siendo esta de 20,5 kg.

Como se observa en el cuadro No. 18, la oferta de forraje para este período es levemente inferior en el tratamiento N 0.

Tal como se observó en el capítulo de producción de forraje, los porcentajes de utilización fueron diferentes estadísticamente entre tratamientos, durante el segundo pastoreo. Sin embargo, no se registraron diferencias significativas en ganancia de peso animal para ese período. Esto podría estar explicado por el hecho de que, si bien la pastura en el tratamiento N 0 presentó un mayor porcentaje de trébol blanco, lo que estaría explicando un mayor consumo animal, la mejora en la calidad de la pastura debida al agregado de nitrógeno en el tratamiento N 64, habría sido más importante, como factor determinante de la ganancia animal, posibilitando que la misma fuera similar, con una menor ingesta de forraje.

Con referencia a lo mencionado anteriormente, se debe considerar también que probablemente no todo el forraje desaparecido que se registró en el segundo pastoreo del tratamiento N 0, haya sido consumido por los animales. Esto podría deberse a la mayor proporción de trébol blanco (cuadro No. 12), que se registró en dicho tratamiento, el cual presenta un IAF óptimo menor a la festuca, dado por la disposición planófila de sus hojas, por lo que es esperable que estas comiencen el proceso de senescencia antes que las hojas de especies más erectas como la festuca, y caigan al suelo, evitando que sean contabilizadas al estimar la materia seca remanente. De esta forma se habría obtenido un valor de forraje remanente inferior en el tratamiento sin fertilizar en relación al fertilizado.

Otro factor que podría estar explicando la obtención de ganancias de peso animal similares con diferente consumo de forraje, es la existencia de un desbalance nutricional que haya afectado negativamente la performance animal. Según se observó en este trabajo, la relación entre festuca y trébol blanco, si bien no presentó diferencias marcadas, fue levemente inferior en el tratamiento sin fertilizar. En este sentido, se debe tener en cuenta que el trébol blanco presenta una mayor tasa de pasaje a nivel ruminal (Montossi et al., 1996), lo que si bien permite un mayor consumo de forraje por unidad de tiempo, de no ser acompañado por una suficiente cantidad de fibra que promueva la rumia, podría provocar algún trastorno digestivo como puede ser el meteorismo, el cual sin llegar a manifestarse de forma severa (lo que no fue observado durante el experimento), pudo haber afectado negativamente la ganancia de peso, aún con mayor consumo de forraje.

4.3.4 Ganancia diaria individual de peso según tratamiento en todo el período evaluado

En el cuadro No. 21 se observa cómo fueron las ganancias de peso vivo (medida como $\text{kg.día}^{-1}.\text{animal}^{-1}$ PV) de acuerdo al tratamiento para la totalidad del periodo evaluado.

Cuadro No. 21. Ganancia individual de peso vivo promedio

Tratamiento	Peso promedio	GMD
N 64	375,4	1,13 A
N 0	359,4	1,07 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Como se observa en el cuadro existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos cuando se evalúa todo el periodo en su conjunto debido a que el coeficiente de variación fue menor en este caso que el valor obtenido en el segundo período para dicho parámetro (ver anexos No. 17 y No. 18) en favor del tratamiento con agregado de nitrógeno.

Independientemente del tratamiento, estos valores son superiores a los reportados por Cibils, citado por Simeone y Beretta (2005) para el caso de novillos de 380 kg de peso vivo, sin suplementar, con una asignación de forraje de 3,0 kg MS/100 kg PV en otoño - invierno que se ubicó en $0,95 \text{ kg.día}^{-1}.\text{animal}^{-1}$ PV.

En cambio, si se compara con los valores reportados por Arenares et al. (2011) estos fueron inferiores (los referidos autores reportaron ganancias de $1,2 \text{ kg.día}^{-1}.\text{animal}^{-1}$ PV) con una oferta de forraje de 6,8 kg MS/100 kg PV, pastoreando la misma mezcla forrajera que en este experimento.

Se puede ver que los datos obtenidos en este trabajo, se encuentran en valores intermedios con respecto a los mencionados anteriormente.

A su vez, de Souza y Presno (2013), obtuvieron ganancias de peso vivo promedio de $0,73 \text{ kg.día}^{-1}.\text{animal}^{-1}$ PV, con una oferta de forraje de 23 kg MS/100 kg PV. Se debe tener en cuenta que para el caso de éste trabajo, la pradera en cuestión se encontraba en su tercer año de vida y estaba dominada por gramíneas, al contrario de lo sucedido en la presente tesis.

4.3.5 Producción de carne

En el cuadro que se presenta a continuación se encuentran los datos de ganancia de peso individual, producción de carne por tratamiento y por hectárea según el tratamiento.

Cuadro No. 22. Producción de carne por hectárea

Tratamiento	Ganancia PV por animal	kg carne trat.	kg.ha ⁻¹ carne
N64	137,0	822	319,8
N0	127,7	766	316,5

Como se observa en el cuadro anterior, la ganancia de peso vivo fue superior en favor de los novillos que pastorearon las parcelas donde se agregó nitrógeno, producto de la diferencia registrada a favor del tratamiento N 64 en ganancia de peso vivo en ambos períodos evaluados, lo que sumado al hecho de que este lote de animales inicialmente era ligeramente más pesado, llevó a que se profundice dicha diferencia.

López y Olivera (2017) reportaron valores inferiores de ganancia de peso vivo en el tratamiento donde se pastoreaba con tres novillos por parcela, obteniendo un valor de 122 kg.cabeza⁻¹.

A su vez Rodríguez et al. (2015) obtuvieron valores de ganancia de peso vivo de 124 kg.cabeza⁻¹, correspondientes a una pastura de segundo año y una oferta de forraje de 4 kg MS/ 100 kg PV, en el período estivo-otoñal.

En cambio, si estos valores se comparan con los reportados por de Souza y Presno (2013) son mayores cuando se compara con los tratamientos donde la mezcla se pastoreó con 2 o 6 novillos por hectárea (106 y 118 kg.cabeza⁻¹ respectivamente), pero, si la comparación se realiza con el tratamiento con 4 novillos por hectárea (135 kg.cabeza⁻¹) fue inferior N 0 y ligeramente superior N 64.

A su vez, en comparación con Arenares et al. (2011) se obtuvieron valores superiores que dichos autores (161 kg.cabeza⁻¹) sobre la misma mezcla forrajera, en idéntico año que en este experimento, pero, con el pastoreo realizado con terneros en lugar de novillos.

Respecto a la producción de carne por hectárea, los valores fueron semejantes entre tratamientos. Estos resultados fueron ampliamente superiores a los reportados para el periodo estivo-otoñal por Figueredo et al. (2021) de 99,6 y 71,6 kg.ha⁻¹ PV para los tratamientos con y sin agregado de nitrógeno respectivamente.

Si la comparación de los datos del cuadro No. 22 se hace con los resultados presentados por Folgar y Vega (2021, tercer año de la pastura), de Souza y Presno (2013, 2 novillos por hectárea), Nuñez et al. (2021, festuca pura, cuarto año de la pastura) y Malán y Zollinger (2021, mezcla con festuca, lotus y trébol rojo, cuarto año) se tiene que estos son mayores a los de los autores listados previamente, con valores que van de 148 a 269 kg.ha⁻¹ PV según dotación, 163 kg.ha⁻¹ PV, 181 a 257 kg.ha⁻¹ PV y 100 a 259 según dosis de fertilizante en estos dos últimos experimentos respectivamente.

Estos valores fueron inferiores a los reportados por López y Olivera (2017) de 346 kg.ha⁻¹ si se compara con el mismo tratamiento que en la sección precedente. Lo mismo sucede si se compara con los tratamientos con 4 y 6 novillos por parcela presentados por de Souza y Presno (2013) de 415 y 545 kg.ha⁻¹ respectivamente. Arenares et al. (2011) también reportan valores superiores de producción por hectárea (685 kg.ha⁻¹) sobre la misma mezcla forrajera y en la misma época del año. Gallo et al. (2015) reportaron 434 kg.ha⁻¹ PV con una oferta de forraje de 6 kg MS/ 100 kg PV y Aldeta et al. (2017) 626 kg.ha⁻¹ PV con idéntica oferta de forraje que este experimento.

Por último, para el caso particular de N 64, se produjeron 0,05 kg de carne por hectárea adicionales por cada kg de N agregado como fertilizante respecto a N 0.

4.3.6 Eficiencia de producción

Los valores de eficiencia de producción de carne calculados en relación al forraje producido y desaparecido se encuentran en el cuadro No. 23.

Cuadro No. 23. Eficiencia de producción de carne sobre el forraje producido y desaparecido según tratamiento

Tratamiento	Ef. sobre prod.	Ef. sobre des.
N 64	12,3	9,1
N 0	12,3	11

No existieron diferencias entre tratamientos cuando el cálculo se realiza en base al forraje producido, dada la escasa diferencia observada para dicha variable. Si existen diferencias cuando el forraje desaparecido se encuentra como numerador (hay diferencia significativa de N 0 sobre N 64) siendo, en ese sentido más eficiente N 64.

Para el caso particular del tratamiento N 0, se requirieron más kg de materia seca de forraje por kg de ganancia de peso vivo si se compara con cualquiera de los tratamientos evaluados por Malán y Zollinger (2021). En cambio, comparando con los mismos autores, en el caso de N 64, el valor de eficiencia de producción fue semejante al valor reportado para el testigo sin fertilizar, y mayor que los tres tratamientos restantes allí expuestos.

5. CONCLUSIONES

No existió respuesta a la fertilización nitrogenada, sobre la cantidad de forraje disponible, ni en la producción de materia seca.

Hay diferencia significativa en el porcentaje de utilización y en la proporción de trébol blanco en el segundo pastoreo.

La mayor ganancia animal se puede explicar mayoritariamente por una mejora en la calidad de la pastura.

En base a las hipótesis planteadas, y los resultados obtenidos en este experimento, en pasturas con baja proporción de gramíneas, no se recomienda el agregado de nitrógeno porque la población de estas limitó la respuesta (medida como un aumento en la producción de materia seca) al agregado del nutriente.

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Se debería llevar a cabo un experimento similar a este para evaluar el efecto del agregado de fertilizante, pero con siembra de la pastura dentro de la fecha óptima, como forma de descartar un efecto sobre la implantación de las especies, además de repetirlo en distintos años para tener datos de respuesta bajo distintas condiciones climáticas.

Aparte de lo expuesto anteriormente, también se debería evaluar la existencia o no de respuesta a distintas dosis (por ejemplo 32 o 96 kg N.ha⁻¹ u otras) además de las evaluadas en este experimento, así como también contemplar que la aplicación del fertilizante no se haga de forma fraccionada, vista la respuesta positiva observada con la aplicación de los primeros 32 kg.ha⁻¹ N en mayo y negativa con los aplicados en agosto en el tratamiento N 64.

7. RESUMEN

Este trabajo fue realizado en el año 2019, en la Universidad de la República. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), ubicada en la Ruta Nacional No. 3, km 363. El período experimental se ubicó entre junio y noviembre, con una duración de 108 días. La temperatura se ubicó 0,2 °C por debajo del promedio y no se registró ocurrencia de déficit hídrico, salvo posibles deficiencias en la superficie del suelo. Se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada en una pastura mezcla de gramíneas y leguminosas, sobre la producción de materia seca, composición botánica y ganancia animal. La pradera estuvo compuesta por *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea* y *Lotus corniculatus*. Los tratamientos fueron: N 64, agregado de 64 kg de nitrógeno, fraccionado en dos dosis de 32 kg y N 0, sin aplicación de nitrógeno. La pastura fue pastoreada con novillos de la raza Holando, con un peso promedio de 367 kg y una carga promedio de 2,32 unidades ganaderas. No se observaron efectos significativos del agregado de nitrógeno sobre la producción de materia seca. Este resultado se explica principalmente por la baja presencia de gramíneas. La composición botánica se vio afectada significativamente por la fertilización, lo que se atribuye al efecto negativo del nitrógeno sobre el trébol blanco. Con respecto a la ganancia de peso animal, el agregado de nitrógeno afectó significativamente la ganancia media diaria en el período invernal. Esto es debido a la mejora en la calidad y la estructura del forraje.

Palabras clave: *Festuca arundinacea*; *Trifolium repens*; *Lotus corniculatus*; Pasturas sembradas; Mezclas forrajeras; Fertilización nitrogenada; Producción de forraje; Composición botánica; Producción animal; Novillos Holando.

8. SUMMARY

This study was carried out in 2019, at the University of the Republic. Faculty of Agronomy. EEMAC (Experimental Station "Mario A. Cassinoni"), located at National Route No. 3, km 363. The experimental period was between June and November, with a duration of 108 days. The temperature was 0.2 °C below average and no water deficit was recorded, except for possible deficiencies on the soil surface. The effect of nitrogen fertilization in a mixed pasture of grasses and legumes on dry matter production, botanical composition and animal gain was evaluated. The pasture was composed of *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea* and *Lotus corniculatus*. The treatments were: N 64, addition of 64 kg of nitrogen, divided in two doses of 32 kg and N 0, no nitrogen application. The pasture was grazed with Holstein steers, with an average weight of 367 kg and an average stocking rate of 2,32 livestock units. No significant effects of nitrogen addition on dry matter production were observed. This result is mainly explained by the low presence of grasses. Botanical composition was significantly affected by fertilization, which is attributed to the negative effect of nitrogen on white clover. With respect to animal weight gain, the addition of nitrogen significantly affected the average daily gain in the winter period. This is due to the improvement in forage quality and structure.

Keywords: *Festuca arundinacea*; *Trifolium repens*; *Lotus corniculatus*; Sown pastures; Forage mixes; Nitrogen fertilization; Forage production; Botanical composition; Animal production; Holstein steers.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham, G.; Carigniani, O.; Zacarías, L. 2020. Implantación de una pradera mezcla de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* con diferentes dosis de nitrógeno en el período otoño invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 106 p.
2. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p. Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/24578>
3. Aldeta, A.; Dutra da Silveira, L.; Ramos, B. 2017. Productividad invierno - primaveral de praderas mezclas de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en su segundo año de vida. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/18632>
4. Allegri, M.; Arocena, M.; Formoso, F. 1982. Evaluación de mezclas forrajeras en la zona Noreste I. Comportamiento agronómico sobre un Grumosol gris. (en línea). Investigaciones Agronómicas. 3 (1):47-52. Consultado mar. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5963/1/Inv.Agr.-1982-No.3.pdf>
5. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
6. Arenares, G.; Quintana, C.; Rivero, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la producción de segundo año. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
7. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51). Consultado jun. 2020. Disponible en <http://inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121938.pdf>

15. Barolin, S. 2018. Efecto de la descompactación sub-superficial del suelo sobre el rendimiento de soja. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 56 p. Consultado set. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/20589>
16. 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.
17. Bautes, C.; Zarza, A. 1982. Comportamiento de tres mezclas forrajeras en suelos sobre Libertad, Fray Bentos y Cretácico. (en línea). Investigaciones Agronómicas. 3 (1):41-44. Consultado mar. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5963/1/Inv.Agr.-1982-No.3.pdf>
18. Beguet, H. A.; Bavera, G. A. 2001. Relación suelo - planta - animal. (en línea). *In*: Curso de Producción Bovina de Carne (2001, Río Cuarto). Textos. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. s.p. Consultado oct. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/04-fisiologia_de_la_planta_pastoreada.pdf
19. Berretta, E. 2005. Algunas consideraciones sobre el pastoreo racional Voisin. (en línea). *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 115-123 (Serie Técnica no. 151). Consultado set. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107142110.pdf>
20. Borrelli, P.; Oliva, G. 2001. Efectos de los animales sobre los pastizales. (en línea). *In*: Ganadería ovina sustentable en la Patagonia austral: tecnología de manejo extensivo. Río Gallegos, INTA. pp. 99-128. Consultado oct. 2021. Disponible en https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5ccb0ed28fba4.pdf
21. Briseño, V. M.; Wilman, D. 1981. Effects of cattle grazing, sheep grazing, cutting and sward height on a grass-white clover sward. (en línea). The Journal of Agricultural Science. 97(3):699-706. Consultado 29 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S0021859600037060>

22. Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Farnham, Buckshire, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. pp. 42-78 (Bulletin no. 42).
23. 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.
24. Carámbula, M. 1991. Manejo de praderas. (en línea). Montevideo, INIA. 16 p. (Boletín de Divulgación no. 17). Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2713/1/111219240807154530.pdf>
25. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3. 413 p.
26. _____. 2006. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. 1^a reimp. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2. 371 p.
27. _____. 2007a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. 3^a ed. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
28. _____. 2007b. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Reimp. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
29. Cassarino, A.; Robledo, A. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en siembras asociadas. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 71 p. Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/24434>
30. Castro, M.; Vilaró, D.; Pereyra, S. s.f. Gramíneas perennes. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado dic. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/gramineasp.htm
31. Churchill, B. R. 1947. Productiveness of bromegrass strains from different regions when grown in pure stands and in mixture with alfalfa in Michigan. (en línea). *Agronomy Journal*. 39(9):750 - 761. Consultado 18 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.2134/agronj1947.00021962003900090002x>
32. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. (en línea). INTA. Boletín Técnico no. 148. 21

- p. Consultado jun. 2020. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso_crecimiento.pdf
33. Cowling, D. W.; Lockyer, D. R. 1967. A comparison of the reaction of different grass species to fertilizer nitrogen and to growth in association with white clover. II. Yield of the nitrogen. (en línea). Grass and Forage Science. 22(1):53-61. Consultado 20 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1967.tb00502.x>
34. Crampton, E. W.; Donefer, E.; Lloyd, L. E. 1960. A nutritive value index for forages. (en línea). Journal of Animal Science. 19(2):538-544. Consultado 29 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.2527/jas1960.192538x>
35. Cuitiño, M. J.; Castro, M.; Vera, M.; Cardozo, V. s.f. Lotus. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado dic. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2015/PubForrajasPeriodo2015.pdf
36. Da Re, L.; Moreno, F.; Soumastre, M. 2019. Dinámica de crecimiento de pasturas sembradas perennes durante su primer año hasta el primer pastoreo. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 59 p. Consultado oct. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/29705>
37. De León, M. 2007. Interacciones “pastura-animal”. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Cuadernillo clásico de forrajas no. 135. 2 p.
38. De Souza, P.; Presno, J. P. 2013. Productividad invierno - primaveral de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos Holando con distintas dotaciones. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p. Consultado oct. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1777>
39. Denoia, J.; Sosa, O.; Zerpa, G.; Martín, B. 2000. Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo. (en línea). Pastos. 30(1):129-141. Consultado 6 abr. 2021. Disponible en <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1278/1282>

40. Equipo del Programa de Investigación en Pasturas y Forrajes, UY; Técnicos Sectoriales de la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, UY. 2019. Cuatro pasos para asegurar la persistencia productiva de festuca y dactylis. (en línea). Revista INIA. no. 58:9-12. Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Revista-INIA-58-Setiembre-2019.pdf>
41. Escuder, C. J. 1997. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C. A. ed. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. pp. 65 - 84.
42. Evans, J. R. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. (en línea). Oecologia. 78(1):9-19. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1007/BF00377192>
43. Field, C. 1983. Allocating leaf nitrogen for the maximization of carbon gain: leaf age as a control on the allocation program. (en línea). Oecologia. 56(2-3):341-347. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1007/BF00379710>
44. Figueredo, M.; Pérez, G.; Pérez, F. 2021. Evaluación de la producción de forraje y carne de una pradera permanente con diferentes dosis de nitrógeno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 118 p.
45. 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. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 118 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1744>
46. Formoso, F. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. (en línea). In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1 - 19 (Serie Técnica no. 80). Consultado set. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135431.pdf>
47. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. (en línea). Montevideo, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182). Consultado ago. 2021. Disponible en

<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429081210150440.pdf>

48. _____. 2011. Factores relacionados con la composición de mezclas forrajeras, inclusión de gramíneas anuales, aumento de densidades de siembra, fertilización, variables ambientales, tipo de abresurco. (en línea). In: 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, INIA. pp. 197 - 205 (Serie Técnica no. 188). Consultado jun. 2020. Disponible en <http://inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-2234.aspx>
49. Gallo, J.; Godoy, E.; Toneguzzo, M. 2015. Evaluación de la producción de forraje y carne de tres mezclas forrajeras de segundo año. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 152 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/8703>
50. García, J.; Labandera, C.; Pastorini, D.; Curbelo, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela. Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 13 - 18 (Serie Técnica no. 51). Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <http://inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-44297.aspx>
51. _____. 1995. Variedades de trébol blanco. (en línea). Montevideo, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 70). Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2976/1/111219220807125648.pdf>
52. García Favre, J. 2017. Producción primaria y efectos residuales de raigrás anual mediante distintas intervenciones: agregado de N y/o incorporación de leguminosas anuales. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Paysandú, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p.
53. Gastal, F.; Nelson, C. J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. (en línea). *Plant Physiology*. 105(1):191-197. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1104/pp.105.1.191>
54. _____.; Durand, J. 2000. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. (en línea). In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P. C. eds. *Grassland*

- ecophysiology and grazing ecology. Wallingford, CAB International. pp. 15-39. Consultado jun. 2020. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1079/9780851994529.0015>
55. _____.; Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. (en línea). *Journal of Experimental Botany*. 53(370):789-799. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>
56. Greenwood, D.; Lemaire, G.; G. Gosse, P.; Cruz, A.; Draycott, J.; Neetson, J. 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. (en línea). *Annals of Botany*. 66(4):425-436. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088044>
57. Harris, S.; Clark, D.; Waugh, C.; Clarkson, F. 1994. Nitrogen fertiliser effects on white clover in dairy pastures. (en línea). *Journal of New Zealand Grasslands*. 6:119-124. Consultado oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.33584/rps.6.1995.3350>
58. Haynes, R. J.; Williams, P. H. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. (en línea). *Advances in Agronomy*. 49:119-199. Consultado 29 mar. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60794-43](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60794-43)
59. INASE; INIA (Instituto Nacional de Semillas, UY; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2019. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). La Estanzuela, Colonia. 73 p. Consultado dic. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2019/PubForrajerasPeriodo2019_FINAL.pdf
60. Interrante, S.; Biermacher, J.; Kering, M.; Butler, E. 2012. Production and economics of steers grazing tall fescue with annual legumes or fertilized with nitrogen. (en línea). *Crop Science*. 52(4):1940-1948. Consultado set. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.11.0610>
61. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). s.f. Gráficas estadísticas pluviométricas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun. 2021. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/graficas-estadisticas-pluviometricas>
62. Iurato, S.; Rodríguez, M. 2002. Evaluación morfogénica de seis genotipos de gramíneas forrajeras invernales bajo dos niveles de nitrógeno. (en línea).

Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 107 p. Consultado set. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/27578>

63. Kemper, W. D.; Rosenau, R. C. 1971. Aggregate stability and size distribution. (en línea). *In*: Klute, A. ed. *Methods of Soil Analysis*. Madison, Wisconsin, ASA/SSSA. pt. 1, pp. 425-442. Consultado ago. 2020. Disponible en <https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/id/eprint/732/3/585.pdf>
64. Kunelius, H. T. 1974. Influence of weed control and nitrogen fertilization as establishment on growth and nodulation of birdsfoot. (en línea). *Canadian Journal of Plant Science*. 54(2):259-264. Consultado mar. 2021. Disponible en <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjps74-041>
65. Langer, R. H. M. 1981. Especies y variedades de gramíneas. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 76-96.
66. Leborgne, R. 2014. Antecedentes técnicos y metodologías para presupuestación en establecimientos lecheros. 2ª ed. corr. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
67. Lemaire, G.; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. (en línea). *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; Moraes, A. de; Nabinger, C.; Carvalho, P. C. de F. eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Wallingford, CAB International. pp. 265-288. Consultado ago. 2021. Disponible en [10.1079/9780851994529.0265](https://doi.org/10.1079/9780851994529.0265)
68. López, G.; Pastorini, J.; Vázquez, F. 2012. Efecto de la fecha de siembra y mezcla forrajera sobre la producción invierno-primaveral para praderas de primer año. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 106 p.
69. López, H. 1987. Manejo de praderas: efecto del pastoreo. (en línea). *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*. no. 43:28-29. Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/34369>
70. 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. (en línea). Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de

Agronomía. 79 p. Consultado oct. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/18666>

71. Maciel, P.; Tucci, A. 2015. Evaluación de la producción de forraje de tres mezclas de primer año. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 98 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/8660>
72. Malán, J.; Zollinger, D. 2021. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la producción invierno-primaveral de una pradera de festuca de cuarto año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
73. Mallarino, A.; Wedin, W. 1990. Seasonal distribution of topsoil ammonium and nitrate under legume-grass and grass swards. (en línea). Plant and Soil. 124(1):137-140. Consultado 29 mar. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1007/BF00010941>
74. Maranges, F.; Nolla, F.; Sotelo, D. 2019. Catálogo de forrajeras 2019. (en línea). Montevideo, s.e. s.p. Consultado jul. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13498/1/Catalogo-de-forrajeras-2019.pdf>
75. Martínez, N. 2020. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre los componentes de rendimiento de una pastura perenne de primer año. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 92 p. Consultado oct. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/29093>
76. Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastal, F. 1994a. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. (en línea). Grass and Forage Science. 49(2):111-120. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb01983.x>
77. _____.; _____.1994b. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. (en línea). Grass and Forage Science. 49(3):352-359. Consultado ago. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb02010.x>
78. MGA. CIAAB (Ministerio de Ganadería y Agricultura. Centro de Investigaciones Agrícolas "Dr. Alberto Boerger", UY). 1971. Producción

de pasturas. (en línea). Colonia. t. 2, 98 p. Consultado mar. 2021.

Disponible en

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5883/1/Produccion-de-Pasturas-1971-2.pdf>

79. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2021. Anuario estadístico agropecuario 2021. (en línea). Montevideo. 268 p. Consultado abr. 2021. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>
80. Molfino, J. H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay: segunda aproximación. (en línea). Montevideo, MGAP. DSA. RENARE. s.p. Consultado set. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807174344.pdf>
81. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. (en línea). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80). Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135431.pdf>
82. Morón, A. 1994. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51). Consultado jun. 2020. Disponible en <http://inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121938.pdf>
83. _____. 1996. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. (en línea). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 80). Consultado set. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135431.pdf>
84. Nabinger, C. 1996. Principios da exploração intensiva de pastagens. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens (13º., 1996, Piracicaba). Produção de bovinos a pasto: anais. s.n.t. pp. 15- 96.

85. Nuñez, R.; Oholeguy, L.; Toneguzzo, L. 2021. Respuesta de fertilización nitrogenada sobre producción primaria y secundaria de pradera de *Festuca arundinacea*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 62 p.
86. Olmos, F. 1997. Efectos climáticos sobre la producción de pasturas en la región Noreste. (en línea). Montevideo, INIA. 22 p. (Boletín de Divulgación no. 64). Consultado 9 set. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2764/1/111219240807160512.pdf>
87. Perdomo, C.; Barbazán, M.; Durán, J. M. 2001. Nitrógeno. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 70 p. Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
88. Pereyra, S.; Vilaró, D. s.f. Festuca. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado dic. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/festu09.htm
89. Perrachon, J. 2009. Manejo del pasto. Revista del Plan Agropecuario. no. 130:42-45.
90. _____. 2020. ¿Qué gramínea perenne es mejor para Uruguay, dactylis o festuca? Revista del Plan Agropecuario. no. 173:54-57.
91. Poppi, D. P.; Hughes, T. P.; L'Huillier, P. J. 1987 Intake of pasture by grazing ruminants. *In*: Nicol, A. M. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional publication no. 10).
92. Provenza, F. D.; Balph, D. F. 1990. Applicability of five diet-selection models to various foraging challenges ruminants encounter. *In*: Hughes, R. N. ed. Behavioural mechanisms of food selection. Berlín, Springer-Verlag. pp. 423-460.
93. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. (en línea). *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 61-65 (Serie Técnica no. 51). Consultado jun. 2020. Disponible en <http://inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121938.pdf>

94. Rodríguez, S.; Taque, L.; Vivanco, J. 2015. Producción de forraje y de carne en tres tipos de mezclas forrajeras de primer año en el período estivo-otoñal. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 66 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/8688>
95. Rosengurtt, B.; Arrillaga, B.; Sierra de Soriano, B. 1960. Descripción de 175 especies. Revista de la Facultad de Agronomía. no. 47:23-138.
96. _____. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. (en línea). Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p. Consultado oct. 2021. Disponible en https://eva.interior.udelar.edu.uy/pluginfile.php/47980/mod_resource/content/3/Rosengurtt%20-%201979%20-%20Tablas%20de%20comportamiento%20de%20las%20especies%20de%20plantas%20de%20campos%20naturales%20en%20el%20Uruguay.pdf?forcedownload=1
97. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 336 p.
98. Sawchik, J. 2001. Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo - pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. (en línea). In: Reunión Técnica sobre Siembra Directa (2001, Las Brujas, Canelones, Uruguay). Memorias. s.n.t. pp. 323 - 345. Consultado 28 mar. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219230807115519.pdf>
99. Scheneiter, O. 2005. Mezclas de especies forrajeras perennes templadas. (en línea). In: Jornada de Actualización Técnica en Pasturas Implantadas (2005, Buenos Aires, Argentina). Trabajos presentados. Buenos Aires, s.e. pp. 1-5. Consultado mar. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/33-mezclas_forrajeras_perennes_templadas.pdf
100. Simeone, A.; Beretta, V. 2005. Suplementación y engorde a corral: cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero. (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (7^a, 2005, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 8-26. Consultado oct. 2021. Disponible en <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2005.pdf>

101. Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. (en línea). Publications in Climatology. 10(3):185-311. Consultado set. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jennifer-Stanton-3/post/Can_someone_provide_me_a_solved_example_of_water_balance_model_using_Thornthwaite_and_Mather_method/attachment/59d634c579197b80779926ab/AS%3A381208795074561%401467898668124/download/Thornthwaite-Mather-1957.pdf
102. Tricot, M. 2017. Respuesta morfogénica de *Paspalum notatum* a la fertilización nitrogenada. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/18674>
103. UdelaR. Fagro. EEMAC (Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”, UY). 2021. Resumen climatológico del año 2019. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.eemac.edu.uy/index.php/servicios/estacion-meteorologica-automatica>
104. Volenec, J.; Nelson, C. 1984. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue: I. Relationship to genetically altered leaf elongation rates. (en línea). Plant Physiology. 74(3):590-594. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1104/pp.74.3.590>
105. Wilman, D.; Pearse, P. 1984. Effects of applied nitrogen in grass yield, nitrogen content, tillers and leaves in fields swards. (en línea). The Journal of Agriculture Science. 103(1):201-211. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S002185960004346X>
106. Zanoniani, R. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. (en línea). Cangüé. no. 15:13-17. Consultado 5 abr. 2021. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_15/13-17.pdf
107. _____; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. (en línea). Cangüé. no. 25:5-11. Consultado 29 mar. 2021. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_25/5-11.pdf

108. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Silveira, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Grupo Campos (21^a, 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.
109. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 14(3):26-30. Consultado set. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.31285/AGRO.14.6979>
110. _____. 2014. Productividad de pasturas sembradas con novillos Holando. (en línea). In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (42°. 2014, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. s.p. Consultado dic. 2021. Disponible en https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/1982/JB2014_70-76.pdf?sequence=1&isAllowed=y

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Superficie individual (ha) de las parcelas y parámetros

Parcela	Sup.	Parcela	Sup.	Parcela	Sup.
1	0,27	5	0,23	9	0,47
2	0,28	6	0,38	10	0,41
3	0,26	7	0,29	11	0,34
4	0,34	8	0,35	12	0,4

Sup. total	4,02
Sup. prom.	0,34
Desvío est.	0,07

Anexo No. 2. Datos de temperatura media mensual (°C) para la serie histórica 2002 – 2020, año 2019 en la EEMAC, diferencia y desvío respecto a la media 2002 – 2020

	Media est. met. EEMAC 2002 - 2020	Media EEMAC 2019	Dif. con media 2002 - 2020	Desv. (%) respecto media 2002 - 2020
ene.	25,2	23,4	-1,8	-7%
feb.	23,7	23,1	-0,6	-2%
mar.	21,7	20,1	-1,6	-7%
abr.	18,3	18,1	-0,2	-1%
may.	14,7	15,3	0,6	4%
jun.	12,1	14,7	2,6	21%
jul.	11,6	11,2	-0,4	-3%
ago.	13,1	11,7	-1,4	-10%
sep.	15,0	15,4	0,4	2%
oct.	17,9	17,4	-0,5	-3%
nov.	21,0	22,3	1,3	6%
dic.	23,3	22,6	-0,7	-3%
Prom.	18,1	17,9		

Fuente: elaborado en base a UdelaR. Fagro. EEMAC. Estación Meteorológica (2021), Zanoniani¹

Anexo No. 3. Datos de precipitaciones (expresados en milímetros) correspondientes a la serie histórica Paysandú 1969 – 1990 y EEMAC 2019

Mes	Serie histórica 1969 - 1990	EEMAC 2019	Mes	Serie histórica 1969 - 1990	EEMAC 2019
ene.	100	497	jul.	71	28
feb.	131	105	ago.	73	104
mar.	147	69	sep.	91	37
abr.	103	71	oct.	122	206
may.	77	100	nov.	118	99
jun.	70	202	dic.	115	190
			Total	1218	1707

Fuente: elaborado en base a INUMET (s.f.), UdelaR. Fagro. EEMAC. Estación Meteorológica (2021).

Anexo No. 4. Cantidad de materia seca de forraje disponible según tratamiento y pastoreo

Primer pastoreo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Disp.	12	0,44	0,23	16,83

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	360580,25	3	120193,42	2,08	0,1818
Bloque	314745,53	2	157372,76	2,72	0,1256
Tratamiento	45834,72	1	45834,72	0,79	0,3995
Error	463105,41	8	57888,18		
Total	823685,66	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=405,88785

Error: 57888,1768, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	1635,49	4	120,30 A
2	1413,34	4	120,30 A
1	1239,78	4	120,30 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=258,31029

Error: 57888,1768, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	1491,34	6	98,22 A
0	1367,73	6	98,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Disp.	12	0,61	0,46	10,81

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	998815,42	3	332938,47	4,16	0,0476
Bloque	991385,26	2	495692,63	6,19	0,0238
Tratamiento	7430,16	1	7430,16	0,09	0,7685
Error	640973,06	8	80121,63		
Total	1639788,48	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=477,51390

Error: 80121,6327, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	3016,83	4	141,53 A
2	2485,43	4	141,53 B
1	2351,15	4	141,53 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=303,89368

Error: 80121,6327, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	2642,68	6	115,56 A
64	2592,92	6	115,56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 5. Porcentajes de implantación de las especies sembradas en la mezcla

Trat.	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
Con nitrógeno	27 A	30 A	8 A
Sin nitrógeno	24 B	29 A	5 B

Medias con una letra común (en la columna) no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Fuente: elaborado en base a Abraham et al. (2020).

Anexo No. 6. Cantidad de materia seca de forraje remanente según tratamiento y pastoreo

Primer pastoreo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Rem.	12	0,47	0,27	33,74

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	513648,60	3	171216,20	2,35	0,1488
Bloque	467035,73	2	233517,87	3,20	0,0951
Tratamiento	46612,87	1	46612,87	0,64	0,4471
Error	583329,55	8	72916,19		
Total	1096978,15	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=455,53643

Error: 72916,1937, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
2	979,30	4	135,01 A
3	896,38	4	135,01 A
1	525,55	4	135,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=289,90704

Error: 72916,1937, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	862,73	6	110,24 A
0	738,08	6	110,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Rem.	12	0,68	0,56	19,19

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1027513,09	3	342504,36	5,63	0,0227
Bloque	153630,85	2	76815,43	1,26	0,3339
Tratamiento	873882,24	1	873882,24	14,36	0,0053
Error	486936,12	8	60867,01		
Total	1514449,21	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=416,20004

Error: 60867,0146, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
1	1442,68	4	123,36 A
2	1234,15	4	123,36 A
3	1180,30	4	123,36 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=264,87305

Error: 60867,0146, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	1555,57	6	100,72 A
0	1015,85	6	100,72 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 7. Porcentaje de utilización según pastoreo y tratamiento

Primer pastoreo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Util. c.	12	0,45	0,24	20,39

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	897,02	3	299,01	2,16	0,1708
Bloque	872,35	2	436,18	3,15	0,0979
Tratamiento	24,67	1	24,67	0,18	0,6840
Error	1107,54	8	138,44		

Total 2004,56 11

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=19,84931

Error: 138,4423, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	65,45	4	5,88 A
3	61,81	4	5,88 A
2	45,82	4	5,88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=12,63226

Error: 138,4423, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	59,13	6	4,80 A
64	56,26	6	4,80 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
Util. c.	12	0,80	0,73	14,67

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	2372,30	3	790,77	10,89	0,0034
Bloque	1262,67	2	631,33	8,69	0,0099
Tratamiento	1109,63	1	1109,63	15,28	0,0045
Error	580,95	8	72,62		
Total	2953,25	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=14,37590

Error: 72,6186, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
3	71,68	4	4,26 A
2	55,71	4	4,26 B
1	46,89	4	4,26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=9,14894

Error: 72,6186, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	67,71	6	3,48 A
64	48,48	6	3,48 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 8. Porcentaje de suelo descubierto según pastoreo y tratamiento

Primer pastoreo, forraje disponible

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. s. desc.	12	0,24	0,00	36,67

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	32,04	3	10,68	0,86	0,4984
Bloque	31,35	2	15,67	1,27	0,3324
Tratamiento	0,69	1	0,69	0,06	0,8197
Error	98,91	8	12,36		
Total	130,94	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=5,93178

Error: 12,3637, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	11,87	4	1,76 A
2	8,58	4	1,76 A
3	8,32	4	1,76 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=3,77503

Error: 12,3637, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	9,83	6	1,44 A
64	9,35	6	1,44 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Primer pastoreo, forraje remanente

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
R. s. desc.	12	0,09	0,00	53,28

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	52,11	3	17,37	0,27	0,8485
Bloque	32,33	2	16,17	0,25	0,7868
Tratamiento	19,78	1	19,78	0,30	0,5974
Error	523,35	8	65,42		
<u>Total</u>	<u>575,46</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=13,64465

Error: 65,4188, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
3	17,50	4	4,04 A
2	14,11	4	4,04 A
<u>1</u>	<u>13,93</u>	<u>4</u>	<u>4,04 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=8,68357**

Error: 65,4188, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	16,46	6	3,30 A
<u>0</u>	<u>13,90</u>	<u>6</u>	<u>3,30 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo, forraje disponible

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. s. desc.	12	0,66	0,54	41,36

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	318,71	3	106,24	5,25	0,0271
Bloque	316,37	2	158,18	7,81	0,0131
Tratamiento	2,34	1	2,34	0,12	0,7427
Error	161,99	8	20,25		
<u>Total</u>	<u>480,70</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=7,59111

Error: 20,2483, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
3	17,93	4	2,25 A
1	8,87	4	2,25 B

2 5,84 4 2,25 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=4,83105

Error: 20,2483, gl: 8

Tratamiento Medias n E.E.

0 11,32 6 1,84 A

64 10,44 6 1,84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo, forraje remanente

Análisis de la varianza

Variable N R² R² aj. CV

R. s. desc. 12 0,49 0,30 34,65

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	371,11	3	123,70	2,55	0,1286
Bloque	341,74	2	170,87	3,53	0,0798
Tratamiento	29,37	1	29,37	0,61	0,4586
Error	387,56	8	48,45		
Total	758,67	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=11,74189

Error: 48,4456, gl: 8

Bloque Medias n E.E.

2 24,04 4 3,48 A

3 23,68 4 3,48 A

1 12,54 4 3,48 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=7,47264

Error: 48,4456, gl: 8

Tratamiento Medias n E.E.

64 21,65 6 2,84 A

0 18,52 6 2,84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 9. Composición botánica según pastoreo y tratamiento

Primer pastoreo, forraje disponible

Porcentaje de cobertura de *Festuca arundinacea*

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. fest.	12	0,27	0,00	58,80

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	766,70	3	255,57	0,99	0,4436
Bloque	759,72	2	379,86	1,48	0,2845
Tratamiento	6,98	1	6,98	0,03	0,8732
Error	2057,85	8	257,23		
Total	2824,55	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=27,05660

Error: 257,2316, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	37,04	4	8,02 A
3	27,25	4	8,02 A
1	17,55	4	8,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=17,21904

Error: 257,2316, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	28,04	6	6,55 A
0	26,52	6	6,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Lotus corniculatus*

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. L. corn.	12	0,17	0,00	76,80

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	90,22	3	30,07	0,54	0,6686
Bloque	86,95	2	43,48	0,78	0,4905

Tratamiento	3,27	1	3,27	0,06	0,8149
Error	446,09	8	55,76		
Total	536,31	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=12,59732

Error: 55,7614, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
1	11,90	4	3,73 A
3	11,34	4	3,73 A
2	5,93	4	3,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=8,01703

Error: 55,7614, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	10,24	6	3,05 A
64	9,20	6	3,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Trifolium repens*

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
D. t. bco.	12	0,20	0,00	40,15

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	863,24	3	287,75	0,66	0,5975
Bloque	861,19	2	430,60	0,99	0,4120
Tratamiento	2,04	1	2,04	4,7E-03	0,9470
Error	3469,99	8	433,75		
Total	4333,22	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=35,13420

Error: 433,7485, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
1	60,96	4	10,41 A
3	54,09	4	10,41 A
2	40,57	4	10,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=22,35969

Error: 433,7485, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	52,29	6	8,50 A
64	51,46	6	8,50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de malezas

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. mzs.	12	0,35	0,11	73,95

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	95,52	3	31,84	1,44	0,3018
Bloque	95,28	2	47,64	2,15	0,1786
Tratamiento	0,24	1	0,24	0,01	0,9190
Error	177,01	8	22,13		
Total	272,53	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=7,93527

Error: 22,1259, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	10,34	4	2,35 A
3	4,49	4	2,35 A
1	4,25	4	2,35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=5,05007

Error: 22,1259, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	6,50	6	1,92 A
0	6,22	6	1,92 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de restos secos

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. r. secos	12	0,47	0,28	38,01

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	23,56	3	7,85	2,40	0,1438

Bloque	23,55	2	11,78	3,59	0,0771
Tratamiento	0,01	1	0,01	3,2E-03	0,9565
Error	26,24	8	3,28		
<u>Total</u>	<u>49,80</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=3,05504

Error: 3,2795, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	6,12	4	0,91 A
1	5,34	4	0,91 A B
<u>3</u>	<u>2,83</u>	<u>4</u>	<u>0,91 B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=1,94425

Error: 3,2795, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	4,79	6	0,74 A
<u>0</u>	<u>4,73</u>	<u>6</u>	<u>0,74 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Primer pastoreo, forraje remanente

Porcentaje de cobertura de *Festuca arundinacea*

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
R. fest.	12	0,45	0,24	23,08

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	355,35	3	118,45	2,19	0,1676
Bloque	326,28	2	163,14	3,01	0,1060
Tratamiento	29,07	1	29,07	0,54	0,4849
Error	433,60	8	54,20		
<u>Total</u>	<u>788,95</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=12,41969

Error: 54,2000, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	36,62	4	3,68 A
1	34,45	4	3,68 A
<u>3</u>	<u>24,63</u>	<u>4</u>	<u>3,68 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=7,90399

Error: 54,2000, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	33,46	6	3,01 A
0	30,34	6	3,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Lotus corniculatus*

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
<i>R. L. corn.</i>	12	0,22	0,00	104,81

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	228,77	3	76,26	0,75	0,5532
Bloque	144,69	2	72,35	0,71	0,5203
Tratamiento	84,08	1	84,08	0,82	0,3903
Error	815,37	8	101,92		
Total	1044,14	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=17,03108

Error: 101,9207, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	14,19	4	5,05 A
3	8,93	4	5,05 A
1	5,77	4	5,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=10,83872

Error: 101,9207, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	12,28	6	4,12 A
0	6,99	6	4,12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Trifolium repens*

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
<i>R. t. bco.</i>	12	0,70	0,59	26,80

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2073,31	3	691,10	6,17	0,0178
Bloque	1921,75	2	960,87	8,58	0,0102
Tratamiento	151,56	1	151,56	1,35	0,2782
Error	895,95	8	111,99		
Total	2969,27	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=17,85292

Error: 111,9943, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	50,51	4	5,29 A
1	46,18	4	5,29 A
2	21,76	4	5,29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=11,36174**

Error: 111,9943, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	43,04	6	4,32 A
64	35,93	6	4,32 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de malezas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
R. mzs.	12	0,48	0,29	64,54

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	442,87	3	147,62	2,50	0,1337
Bloque	442,29	2	221,15	3,74	0,0713
Tratamiento	0,58	1	0,58	0,01	0,9233
Error	472,83	8	59,10		
Total	915,70	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=12,96932

Error: 59,1033, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
2	20,26	4	3,84 A
3	9,49	4	3,84 A B
1	5,99	4	3,84 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=8,25378

Error: 59,1033, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	12,13	6	3,14 A
0	11,69	6	3,14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de restos secos

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
R. r. secos	12	0,12	0,00	47,39

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	11,91	3	3,97	0,35	0,7881
Bloque	2,83	2	1,41	0,13	0,8835
Tratamiento	9,08	1	9,08	0,81	0,3947
Error	89,84	8	11,23		
Total	101,75	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=5,65326

Error: 11,2299, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	7,61	4	1,68 A
2	7,17	4	1,68 A
3	6,43	4	1,68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=3,59778

Error: 11,2299, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	7,94	6	1,37 A
64	6,20	6	1,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo, forraje remanente

Porcentaje de cobertura de *Festuca arundinacea*

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
D. fest.	12	0,77	0,68	33,57

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1578,05	3	526,02	8,80	0,0065
Bloque	1548,42	2	774,21	12,95	0,0031
Tratamiento	29,64	1	29,64	0,50	0,5013
Error	478,18	8	59,77		
Total	2056,23	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=13,04257

Error: 59,7728, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
2	38,46	4	3,87 A
3	19,18	4	3,87 B
1	11,45	4	3,87 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=8,30039

Error: 59,7728, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	24,60	6	3,16 A
0	21,46	6	3,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Lotus corniculatus*

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
D. L. corn.	12	0,53	0,36	32,73

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	136,75	3	45,58	3,03	0,0930
Bloque	123,00	2	61,50	4,09	0,0597
Tratamiento	13,75	1	13,75	0,92	0,3667
Error	120,19	8	15,02		

Total 256,94 11

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=6,53871

Error: 15,0232, gl: 8

Bloque Medias n E.E.

2 16,24 4 1,94 A

3 10,58 4 1,94 A B

1 8,71 4 1,94 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=4,16129

Error: 15,0232, gl: 8

Tratamiento Medias n E.E.

64 12,91 6 1,58 A

0 10,77 6 1,58 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Trifolium repens*

Análisis de la varianza

Variable N R² R² aj. CV

D. t. bco. 12 0,94 0,92 8,40

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	2959,18	3	986,39	42,08	<0,0001
Bloque	2864,83	2	1432,41	61,10	<0,0001
Tratamiento	94,36	1	94,36	4,02	0,0797
Error	187,54	8	23,44		
<u>Total</u>	<u>3146,73</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=8,16805

Error: 23,4431, gl: 8

Bloque Medias n E.E.

1 72,69 4 2,42 A

3 63,78 4 2,42 B

2 36,38 4 2,42 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=5,19821

Error: 23,4431, gl: 8

Tratamiento Medias n E.E.

0 60,42 6 1,98 A

64 54,82 6 1,98 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de malezas

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. mzs.	12	0,39	0,16	67,89

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	35,46	3	11,82	1,68	0,2470
Bloque	30,22	2	15,11	2,15	0,1788
Tratamiento	5,24	1	5,24	0,75	0,4127
Error	56,19	8	7,02		
Total	91,65	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=4,47080

Error: 7,0234, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	6,11	4	1,33 A
1	3,16	4	1,33 A
3	2,44	4	1,33 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=2,84525

Error: 7,0234, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	4,56	6	1,08 A
0	3,24	6	1,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de restos secos

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
D. r. secos	12	0,21	0,00	48,89

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	6,78	3	2,26	0,73	0,5633
Bloque	3,80	2	1,90	0,61	0,5658
Tratamiento	2,98	1	2,98	0,96	0,3556
Error	24,82	8	3,10		
Total	31,60	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=2,97168

Error: 3,1030, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
3	4,02	4	0,88 A
1	3,98	4	0,88 A
2	2,81	4	0,88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=1,89120

Error: 3,1030, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	4,10	6	0,72 A
64	3,10	6	0,72 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo, forraje remanente

Porcentaje de cobertura de *Festuca arundinacea*

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
R. fest.	12	0,62	0,47	37,74

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	1017,10	3	339,03	4,31	0,0438
Bloque	909,18	2	454,59	5,77	0,0281
Tratamiento	107,92	1	107,92	1,37	0,2754
Error	630,03	8	78,75		

Total 1647,13 11

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=14,97081

Error: 78,7532, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	33,27	4	4,44 A
3	25,12	4	4,44 A B
<u>1</u>	<u>12,14</u>	<u>4</u>	<u>4,44 B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=9,52754

Error: 78,7532, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	26,51	6	3,62 A
<u>0</u>	<u>20,51</u>	<u>6</u>	<u>3,62 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Lotus corniculatus*

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
<u>R. L. corn.</u>	<u>12</u>	<u>0,39</u>	<u>0,16</u>	<u>52,67</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	48,67	3	16,22	1,71	0,2410
Bloque	38,05	2	19,02	2,01	0,1963
Tratamiento	10,62	1	10,62	1,12	0,3204
Error	75,74	8	9,47		
<u>Total</u>	<u>124,41</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=5,19063

Error: 9,4671, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	8,23	4	1,54 A
2	5,35	4	1,54 A
<u>3</u>	<u>3,95</u>	<u>4</u>	<u>1,54 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=3,30336

Error: 9,4671, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	6,78	6	1,26 A

64 4,90 6 1,26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de *Trifolium repens*

Análisis de la varianza

Variable N R² R² aj. CV
R. t. bco. 12 0,59 0,43 24,82

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	1912,52	3	637,51	3,77	0,0592
Bloque	1907,46	2	953,73	5,64	0,0297
Tratamiento	5,06	1	5,06	0,03	0,8670
Error	1353,06	8	169,13		
<u>Total</u>	<u>3265,58</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=21,93940

Error: 169,1325, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	67,19	4	6,50 A
3	53,61	4	6,50 A B
<u>2</u>	<u>36,38</u>	<u>4</u>	<u>6,50 B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=13,96241

Error: 169,1325, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	53,04	6	5,31 A
<u>0</u>	<u>51,74</u>	<u>6</u>	<u>5,31 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de malezas

Análisis de la varianza

Variable N R² R² aj. CV
R. mzs. 12 0,79 0,71 44,41

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	439,83	3	146,61	10,06	0,0043
Bloque	398,80	2	199,40	13,69	0,0026
Tratamiento	41,03	1	41,03	2,82	0,1318

Error	116,55	8	14,57
Total	556,38	11	

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=6,43902

Error: 14,5686, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
2	16,58	4	1,91 A
1	6,00	4	1,91 B
3	3,20	4	1,91 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=4,09785

Error: 14,5686, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	10,44	6	1,56 A
64	6,75	6	1,56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Porcentaje de cobertura de restos secos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
R. r. secos	12	0,23	0,00	77,22

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	136,19	3	45,40	0,82	0,5204
Bloque	127,35	2	63,67	1,14	0,3656
Tratamiento	8,85	1	8,85	0,16	0,7006
Error	445,26	8	55,66		
Total	581,46	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=12,58564

Error: 55,6581, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	14,12	4	3,73 A
2	8,42	4	3,73 A
1	6,44	4	3,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=8,00960

Error: 55,6581, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

0	10,52	6	3,05 A
64	8,80	6	3,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 10. Altura del forraje disponible y remanente según tratamiento y pastoreo

Primer pastoreo, altura del disponible

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Alt. disp.	12	0,31	0,05	24,21

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30,02	3	10,01	1,18	0,3756
Bloque	24,49	2	12,24	1,45	0,2908
Tratamiento	5,54	1	5,54	0,65	0,4420
Error	67,69	8	8,46		
Total	97,72	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=4,90730

Error: 8,4618, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	14,03	4	1,45 A
1	11,14	4	1,45 A
2	10,89	4	1,45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=3,12305

Error: 8,4618, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	12,70	6	1,19 A
0	11,34	6	1,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Primer pastoreo, altura del remanente

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Alt. rem.	12	0,28	0,01	55,05

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	23,11	3	7,70	1,04	0,4261
Bloque	16,07	2	8,04	1,08	0,3833
Tratamiento	7,04	1	7,04	0,95	0,3584
Error	59,31	8	7,41		
Total	82,42	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=4,59345

Error: 7,4140, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
1	6,50	4	1,36 A
3	4,61	4	1,36 A
2	3,73	4	1,36 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=2,92331

Error: 7,4140, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	5,71	6	1,11 A
0	4,18	6	1,11 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo, altura del disponible

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Alt. disp.	12	0,93	0,90	12,44

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	858,90	3	286,30	33,75	0,0001
Bloque	858,73	2	429,37	50,61	<0,0001
Tratamiento	0,17	1	0,17	0,02	0,8900
Error	67,87	8	8,48		
Total	926,78	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=4,91375

Error: 8,4841, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	35,00	4	1,46 A
2	20,18	4	1,46 B
1	15,05	4	1,46 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=3,12715

Error: 8,4841, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	23,53	6	1,19 A
64	23,29	6	1,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo, altura del remanente

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
Alt. rem. 12	0,96	0,95	16,93	

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	1148,81	3	382,94	68,52	<0,0001
Bloque	1146,06	2	573,03	102,53	<0,0001
Tratamiento	2,75	1	2,75	0,49	0,5032
Error	44,71	8	5,59		
Total	1193,52	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=3,98810

Error: 5,5887, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
3	27,08	4	1,18 A
2	11,19	4	1,18 B
1	3,63	4	1,18 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=2,53806

Error: 5,5887, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	14,45	6	0,97 A
64	13,49	6	0,97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 11. Cantidad de materia seca de forraje remanente (en kg.ha⁻¹ MS) previo al primer pastoreo

Bloque	Tratamiento	Parcela	Forraje remanente
1	64	1	555
1	64	2	629
1	0	3	745
1	0	4	765
2	64	1	608
2	0	2	511
2	64	3	570
2	0	4	414
3	64	1	317
3	0	2	588
3	64	3	437
3	0	4	473

Anexo No. 12. Tasa de crecimiento según tratamiento y pastoreo

Primer pastoreo

Análisis de la varianza

Variable N R² R² aj. CV
Tasa crec. 12 0,78 0,70 21,43

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	1210,84	3	403,61	9,62	0,0050
Bloque	1091,53	2	545,76	13,00	0,0031
Tratamiento	119,31	1	119,31	2,84	0,1303
Error	335,74	8	41,97		
<u>Total</u>	<u>1546,58</u>	<u>11</u>			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=10,92866

Error: 41,9674, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
3	42,21	4	3,24 A
2	29,59	4	3,24 B
1	18,88	4	3,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=6,95509

Error: 41,9674, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
64	33,38	6	2,64 A
0	27,07	6	2,64 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² aj.</u>	<u>CV</u>
Tasa crec.	12	0,70	0,59	16,09

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	541,66	3	180,55	6,33	0,0166
Bloque	511,76	2	255,88	8,96	0,0091
Tratamiento	29,90	1	29,90	1,05	0,3360
Error	228,36	8	28,55		
Total	770,02	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=9,01319

Error: 28,5453, gl: 8

<u>Bloque</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	41,49	4	2,67 A
3	32,62	4	2,67 A B
2	25,53	4	2,67 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=5,73606

Error: 28,5453, gl: 8

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0	34,79	6	2,18 A
64	31,64	6	2,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 13. Producción de materia seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) según tratamiento

Primer pastoreo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Prod. MS	12	0,79	0,71	21,21

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2456987,65	3	818995,88	9,99	0,0044
Bloque	2218690,32	2	1109345,16	13,53	0,0027
Tratamiento	238297,33	1	238297,33	2,91	0,1266
Error	655974,99	8	81996,87		
Total	3112962,63	11			

Test:Tukey, alfa=0,10, DMS=483,06966

Error: 81996,8733 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	1899,36	4	143,18 A
2	1301,86	4	143,18 B
1	849,44	4	143,18 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:Tukey, alfa=0,10, DMS=307,42941

Error: 81996,8733 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	1491,14	6	116,90 A
0	1209,30	6	116,90 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo pastoreo

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Prod. MS	12	0,59	0,43	16,09

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1943394,93	3	647798,31	3,80	0,0582
Bloque	1751304,48	2	875652,24	5,14	0,0367
Tratamiento	192090,45	1	192090,45	1,13	0,3194
Error	1363617,84	8	170452,23		
Total	3307012,77	11			

Test:Tukey, alfa=0,10, DMS=696,48612

Error: 170452,2302 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
1	3028,84	4	206,43 A
3	2577,16	4	206,43 A B
2	2093,26	4	206,43 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:Tukey, alfa=0,10, DMS=443,24936**

Error: 170452,2302 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	2692,94	6	168,55 A
64	2439,90	6	168,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Total acumulado

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Acum. prod. MS	12	0,60	0,46	11,19

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2350161,77	3	783387,26	4,08	0,0496
Bloque	2347674,17	2	1173837,08	6,11	0,0245
Tratamiento	2487,60	1	2487,60	0,01	0,9122
Error	1536338,96	8	19204	2,37	
Total	3886500,72	11			

Test:Tukey, alfa=0,10, DMS=739,28117

Error: 192042,3695 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	4476,52	4	219,11 A
1	3878,27	4	219,11 A B
2	3395,12	4	219,11 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=470,48448**

Error: 192042,3695 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	3931,03	6	178,91 A
0	3902,24	6	178,91 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 14. Forraje desaparecido ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) según tratamiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
Des. total	12	0,64	0,50	15,13

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3282122,16	3	1094040,72	4,72	0,0352
Bloque	2292818,58	2	1146409,29	4,95	0,0399
Tratamiento	989303,58	1	989303,58	4,27	0,0726
Error	1853394,57	8	231674,32		
Total	5135516,73	11			

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=811,98886

Error: 231674,3214, gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
3	3749,97	4	240,66 A
1	3109,10	4	240,66 A B
2	2686,72	4	240,66 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=516,75623

Error: 231674,3214, gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	3469,06	6	196,50 A
64	2894,80	6	196,50 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 15. Porcentaje de malezas en el periodo estivo-otoñal

Tratamiento	Primer pastoreo	Segundo pastoreo
N 64	50,23 A	28,17 A B
N 0	44,45 A B	22,86 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Fuente: elaborado en base a Figueredo et al. (2021).

Anexo No. 16. Peso individual de los animales (en kg.cab.⁻¹) y parámetros asociados

No. caravana	Trat. asignado	PV 10 jul.	PV 15 sep.	PV 7 nov.
3627	N 0	295	347	419
3634	N 0	288	345	415
3633	N 0	300	355	434
2771	N 0	293	350	420
2781	N 64	305	365	441
2629	N 0	297	352	427
3632	N 64	302	358	435
3620	N 64	310	371	443
2796	N 64	312	369	450
3631	N 0	300	356	424
3602	N 64	310	371	452
3630	N 64	301	360	441

	10 jul.	15 sep.	7 nov.
Media PV	301,1	358,3	433,4
Desvío est. gal.	7,3	9,1	12,4
PV medio N64	306,7	365,7	443,7
PV medio N0	295,5	350,8	423,2

Anexo No. 17. Ganancia diaria por animal (kg.dia⁻¹.animal⁻¹) según tratamiento y periodo

Primer periodo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
G. set. jul.	12	0,51	0,40	3,66

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	0,01	2	4,5E-03	4,62	0,0417	
Tratamiento	3,2E-03	1	3,2E-03	3,25	0,1048	
PVinic.	1,0E-06	1	1,0E-06	1,1E-03	0,9746	7,0E-05

Error	0,01	9	9,7E-04
Total	0,02	11	

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=0,03302

Error: 0,0010, gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	0,88	6	0,02 A
0	0,83	6	0,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Segundo periodo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
G. nov. set.	12	0,42	0,29	5,31

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	0,04	2	0,02	3,20	0,0892	
Tratamiento	0,01	1	0,01	1,00	0,3433	
PVinic.	2,0E-03	1	2,0E-03	0,36	0,5629	3,1E-03
Error	0,05	9	0,01			
Total	0,09	11				

Test: Tukey, alfa=0,10, DMS=0,07976

Error: 0,0057, gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
64	1,45	6	0,04 A
0	1,38	6	0,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 18. Ganancia diaria por animal ($\text{kg} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{animal}^{-1}$) según tratamiento para el período general

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² aj.	CV
G. prom.	12	0,66	0,59	2,93

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	0,02	2	0,01	8,90	0,0074	
Tratamiento	4,2E-03	1	4,2E-03	4,01	0,0762	
PVinic.	4,2E-04	1	4,2E-04	0,41	0,5403	1,4E-03

Error	0,01	9	1,0E-03
Total	<u>0,03 11</u>		

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=0,03419

Error: 0,0010, gl: 9

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
64	1,13	6	0,02	A
0	1,07	6	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)