

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL GRADO DE INTENSIFICACIÓN EN LA RENOVACIÓN DE UNA
PASTURA VIEJA EN EL PERÍODO ESTIVO-OTOÑAL

por

Lucas DORADO SCHMIDT
Gabriel ETCHEVARREN ASSANDRI
Santiago OLASCOAGA MARELLA

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2020

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Ing. Agr. MSc. David Silveira

Fecha: 9 de julio de 2020

Autores:

Lucas Dorado Schmidt

Gabriel Etchevarren Assandri

Santiago Olascoaga Marella

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos, los cuales nos apoyaron incondicionalmente para llegar a esta instancia.

A nuestro tutor de tesis Ing. Agr. Msc. Ramiro Zanoniani por su disposición y permanente ayuda.

A la licenciada Sully Toledo por el constante asesoramiento respecto a bibliografía y formato de este trabajo.

Al personal de la E.E.M.A.C. que nos ayudó durante el período experimental.

Finalmente a todas aquellas personas que han hecho posible este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 GENERALIDADES DE LAS PASTURAS SEMBRADAS	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES SEMBRADAS.....	5
2.2.1 <u>Gramíneas</u>	5
2.2.1.1 <i>Lolium multiflorum</i>	5
2.2.1.2 <i>Festuca arundinacea</i>	8
2.2.2 <u>Leguminosas</u>	11
2.2.2.1 <i>Trifolium pratense</i>	11
2.2.2.2 <i>Trifolium repens</i>	13
2.2.2.3 <i>Lotus corniculatus</i>	15
2.3 PERSISTENCIA DE LAS PASTURAS SEMBRADAS	17
2.3.1 <u>Factores que inciden en la persistencia de pasturas</u>	19
2.3.1.1 Factores climáticos	20
2.3.1.2 Factores edáficos.....	21
2.3.1.3 Especies sembradas	22
2.3.1.4 Implantación.....	24
2.3.1.5 Fertilización.....	25
2.3.1.6 Pastoreo.....	26
2.3.1.7 Malezas.....	27
2.3.1.8 Enfermedades y plagas.....	29
2.3.1.9 Resiembra natural.....	31
2.4 PRINCIPALES NUTRIENTES QUE LIMITAN LA PERSISTENCIA	33

2.4.1 <u>Fósforo</u>	33
2.4.1.1 Fósforo en el suelo.....	33
2.4.1.2 Fósforo en la planta.....	34
2.4.1.3 Deficiencia de fósforo.....	35
2.4.1.4 Manejo del fósforo.....	35
2.4.2 <u>Nitrógeno</u>	36
2.4.2.1 Nitrógeno en el suelo	37
2.4.2.2 Nitrógeno en la planta	37
2.4.2.3 Deficiencia de nitrógeno.....	38
2.4.2.4 Manejo del nitrógeno.....	38
2.5 <u>DEGRADACIÓN EN PASTURAS</u>	39
2.5.1 <u>Vías de degradación de pasturas</u>	41
2.5.1.1 Evolución hacia campo natural.....	42
2.5.1.2 Evolución hacia la dominancia de gramíneas perennes	42
2.5.1.3 Evolución hacia la dominancia de gramilla	43
2.6 <u>RENOVACIÓN DE PASTURAS DEGRADADAS</u>	43
2.6.1 <u>Renovación por control del tapiz e intersiembra de especies</u>	45
2.6.1.1 Condiciones a la siembra	45
2.6.1.2 Control del tapiz	46
2.6.1.3 Importancia de la fertilización	49
2.7 <u>MANEJO DEL PASTOREO</u>	49
2.7.1 <u>Factores para lograr un equilibrio planta-animal</u>	50
2.7.1.1 Carga animal.....	50
2.7.1.2 Intensidad del pastoreo	52
2.7.1.3 Frecuencia del pastoreo.....	53
2.7.2 <u>Factores de la pastura que influyen en el desempeño animal</u>	54
2.7.2.1 Disponibilidad y estructura	54
2.7.2.2 Calidad.....	55

2.7.3 <u>Factores del pastoreo que influyen en la pastura</u>	57
2.7.3.1 Selectividad de la dieta	57
2.7.3.2 Composición botánica	59
2.7.3.3 Pisoteo	60
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	62
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	62
3.1.1 <u>Localización y período experimental</u>	62
3.1.2 <u>Información climatológica</u>	62
3.1.3 <u>Descripción del área experimental</u>	63
3.1.4 <u>Antecedentes del sitio experimental</u>	63
3.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	64
3.2.1 <u>Tratamientos</u>	64
3.2.2 <u>Diseño experimental</u>	64
3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	65
3.3.1 <u>Variables determinadas</u>	65
3.3.1.1 Disponibilidad de materia seca.....	65
3.3.1.2 Materia seca desaparecida	66
3.3.1.3 Composición botánica	66
3.3.1.4 Producción de forraje	67
3.3.1.5 Oferta de forraje	67
3.3.1.6 Ganancia media diaria	67
3.3.1.7 Eficiencia de conversión.....	67
3.3.1.8 Producción de peso vivo	67
3.4 HIPÓTESIS	67
3.4.1 <u>Hipótesis biológicas</u>	67
3.4.2 <u>Hipótesis estadísticas</u>	68
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	68
3.5.1 <u>Modelo estadístico para la producción vegetal</u>	68

3.5.2 <u>Modelo estadístico para la producción animal</u>	68
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	70
4.1 DATOS METEOROLÓGICOS	70
4.2 PRODUCCIÓN VEGETAL.....	72
4.2.1 <u>Forraje disponible</u>	72
4.2.2 <u>Forraje remanente</u>	74
4.2.3 <u>Forraje desaparecido</u>	76
4.2.4 <u>Composición botánica</u>	77
4.2.5 <u>Producción de materia seca</u>	83
4.2.5.1 Tasa de crecimiento	83
4.2.5.2 Producción de forraje	85
4.2.6 <u>Suelo descubierto</u>	86
4.2.7 <u>Oferta de forraje</u>	87
4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL.....	89
4.3.1 <u>Ganancia de peso</u>	89
4.3.2 <u>Producción de carne</u>	90
4.4 CONSIDERACIONES FINALES	91
5. <u>CONCLUSIONES</u>	93
6. <u>RESUMEN</u>	94
7. <u>SUMMARY</u>	95
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	96
9. <u>ANEXOS</u>	111

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Rango de niveles críticos de P disponible en los primeros 15 cm de suelo (Bray I) para la instalación de especies forrajeras en suelos de texturas medias y pesadas en la zona Sur y litoral Oeste del Uruguay.....	34
2. Resultados de asignación de forraje óptima desde el punto de vista de la persistencia de la pastura y de la producción animal, para distintos períodos, tipos y año de pastura.....	51
3. Balance hídrico meteorológico para el periodo experimental	72
4. Forraje disponible promedio (kg MS.ha-1) durante el pastoreo y altura (cm) al momento de ingreso de los animales según tratamiento	72
5. Forraje disponible promedio (kg MS.ha-1) durante el pastoreo y altura (cm) al momento de ingreso de los animales según momento de pastoreo	74
6. Forraje remanente promedio (kg MS.ha-1) y altura promedio (cm) según tratamiento.....	75
7. Forraje remanente promedio (kg MS.ha-1) y altura promedio (cm) según momento de pastoreo	76
8. Forraje desaparecido total (kg MS.ha-1) según tratamiento.....	76
9. Forraje desaparecido promedio (kg MS.ha-1) según momento de pastoreo	77
10. Composición botánica (kg MS.ha-1) según momento de pastoreo	83
11. Tasa de crecimiento promedio (kg MS.ha-1.d-1) según tratamiento	83
12. Tasa de crecimiento promedio (kg MS.ha-1.d-1) según momento de pastoreo	84
13. Producción de forraje por momento de pastoreo y total (kg MS.ha-1) según tratamiento.....	85
14. Producción de forraje promedio (kg MS.ha-1) según momento de pastoreo	86
15. Proporción de suelo descubierto promedio (%) en disponible al momento de ingreso de los animales y en remanente según tratamiento	87

16. Proporción de suelo descubierto promedio (%) en disponible al momento de ingreso de los animales y en remanente según momento de pastoreo.....	87
17. Oferta de forraje (kg MS/100 kg PV), peso vivo promedio (kg.a-1) y disponibilidad diaria promedio (kg MS.d-1) según tratamiento	88
18. Ganancia de peso vivo promedio por animal (kg.d-1.a-1) según tratamiento	89
19. Eficiencia de conversión de forraje a carne (kg MS/kg PV) y producción de carne (kg.ha-1) según tratamiento.....	90

Figura No.

1. Vías de degradación de pasturas	41
2. Croquis del sitio experimental	65
3. Registro mensual para el departamento de Paysandú de las precipitaciones promedio históricas (1961-1990) y las precipitaciones ocurridas antes y durante el período experimental	70
4. Registro mensual para el departamento de Paysandú de las temperaturas históricas (1961-1990) y las temperaturas ocurridas en el período experimental	71
5. Relación entre el forraje disponible y la contribución de las malezas	73
6. Contribución a la materia seca promedio por componente al forraje disponible según tratamiento	78
7. Proporción promedio del desaparecido por componente según tratamiento	78

1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas son la base forrajera de los sistemas de producción ganadera en el Uruguay, según el MGAP. DIEA (2019), en el año 2017-2018, este recurso de la ganadería comprendió un área total de 14,1 millones de ha. de pastoreo, conformadas por 11,5 millones de ha. de campo natural (81,9%) y los 2,6 millones de ha. restantes corresponden a pasturas mejoradas (18,1%), de las cuales 1.198.206 ha. son pasturas sembradas, siendo el 8,5% del área ganadera total.

Las pasturas son la fuente de alimento disponible más económica para la alimentación de los rumiantes, por lo que es muy importante conocer cómo se maximiza la producción de forraje, su mejor utilización, y como se alcanzan altas eficiencias de conversión en producto animal. La producción ganadera en los establecimientos del Uruguay, basados fundamentalmente en el uso de pasturas, presenta como principal limitante el logro de una eficiente producción y utilización de las mismas (Zanoniani, 2014).

En Uruguay existe una gran variabilidad climática y edáfica lo que conlleva a una limitada productividad de las pasturas naturales, junto con una marcada estacionalidad. Además, presentan un desbalance a favor de las gramíneas estivales de media a baja calidad, lo que provoca una baja capacidad de carga animal, disminuyendo la productividad por hectárea.

A raíz de estos problemas surge como alternativa para aumentar la productividad la siembra de pasturas sembradas, compuestas por especies de ciclo productivos complementarios, para lograr una producción más estable a lo largo del año y de mayor calidad.

Por lo general la producción de forraje es máxima en el segundo año, a partir del cual comienzan procesos de degradación. Los altos costos de implantación imponen la necesidad de lograr praderas de larga duración a modo de diluir los mismos. Sin embargo en Uruguay, uno de los problemas principales a nivel productivo es lograr pasturas con alta persistencia, donde la duración promedio de las praderas perennes es de tres a cuatro años, dependiendo de las condiciones climáticas y del manejo que se les da a las mismas.

Es en este contexto que mediante la renovación se pretende restaurar la productividad de las pasturas que se encuentran en vías de degradación, reimplantando nuevas plantas y revigorizando la existentes.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el incremento de la productividad de una pastura degradada a través del agregado de semillas y/o

nutrientes para aumentar la persistencia y productividad, evaluando la producción de materia seca, la composición botánica y la producción de peso vivo animal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 GENERALIDADES DE LAS PASTURAS SEMBRADAS

Según Carámbula (1991), uno de los objetivos más importantes de las pasturas mixtas es lograr los máximos rendimientos de materia seca por hectárea, mediante el uso de especies y variedades adecuadas, buscando no sólo disponer de una biomasa mayor y de mejor calidad en momentos estratégicos, sino también mejorando la fertilidad y la estructura del suelo.

El proceso de adopción de pasturas cultivadas en establecimientos agropecuarios del Uruguay ha sido relativamente lento por considerarlas un insumo tecnológico costoso, en relación al producto obtenido. Esto puede ser generalmente cierto, si se considera que su producción promedio es baja, su persistencia es corta y su comportamiento puede ser aleatorio. Sobre estos aspectos influyen numerosos factores, entre los cuales el tipo y momento de utilización se consideran decisivos, por ser el área en que hasta el presente en el país se ha avanzado comparativamente menos que en otras como: elección de especies y variedades; época, método y densidad de siembra; fertilización; etc. (Risso et al., 1982).

García (1996a), indica que en Uruguay se cultivan distintas especies con sus respectivas combinaciones, las cuales dan lugar a una serie de alternativas forrajeras que se adaptan para cumplir distintos objetivos. Este autor las agrupa en tres grupos, según la duración esperada de producción: pasturas anuales o verdes, pasturas bianuales o de rotación corta y pasturas de rotación larga o praderas.

Una mezcla forrajera es una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas, donde se produce un proceso complejo de interferencias que puede conducir a algunos de los siguientes resultados: mutua depresión, depresión de una especie en beneficio de otra, mutuo beneficio y por último, falta total de interferencia (Carámbula, 2002).

Las pasturas cultivadas mixtas suponen la sustitución total de la vegetación presente, la preparación de una buena sementera, el agregado de nutrientes y la siembra de mezclas forrajeras compuestas por gramíneas y leguminosas (Zanoniani, 2014).

Las pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas permiten incrementar no solamente la cantidad de forraje de calidad, sino que además ayudan a mejorar y mantener los atributos de un buen suelo (Carámbula, 2003).

Las gramíneas en las pasturas aportan: productividad sostenida por muchos años, adaptación a gran variedad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad en la pastura (en especial si son perennes), baja sensibilidad del pastoreo, baja susceptibilidad a las enfermedades y plagas y baja vulnerabilidad a la invasión de malezas. Las leguminosas se ofrecen como: dadoras de nitrógeno a las gramíneas, poseedoras de alto valor nutritivo para la dieta del animal y promotoras de fertilidad de suelos naturalmente pobres y/o degradados por un mal manejo (Carámbula, 2002).

La siembra tarde, el mal control de maleza, la escasa fertilización y la falta de mezclas de especies perennes complementarias (gramíneas y leguminosas), dejan un prolongado período de tiempo descubierto al suelo lo que aumenta la erosión del mismo, la pérdida de nutrientes, la compactación edáfica y el mayor uso de herbicidas si se enmalezan, determinando una baja sustentabilidad del sistema (Zanoniani, 2014).

Carámbula (2002), realiza una clasificación de los tipos de mezclas forrajeras en mezclas ultrasimples, mezclas simples y mezclas complejas. En primer lugar, las mezclas ultrasimples están formadas por una gramínea y una leguminosa ambas de ciclo invernal o estival. Por otro lado, las mezclas simples están constituidas por mezclas ultrasimples más una gramínea o una leguminosa de ciclo complementario. Y por último, las mezclas complejas se componen por varias gramíneas y leguminosas del mismo o de diferente ciclo.

Las mezclas forrajeras permiten: compensar variaciones de suelo, clima y manejo, alargar el período de producción con una variación interanual menor, utilizar de manera más flexible el forraje producido, entregar el forraje de manera más uniforme a lo largo del año, presentar niveles altos de materia orgánica digestible por períodos más prolongados, proveer una ración mejor balanceada para las distintas producciones animales según sea ajustada la proporción de gramíneas y leguminosas, favorecer un mayor consumo por parte de las animales, impedir en los animales la aparición de problemas nutricionales y fisiológicos (Carámbula, 2002).

Será necesario adecuar el tipo de pastura o el esquema forrajero a las necesidades animales y objetivos del sistema productivo. A partir de esto, se requiere un ajuste de la dotación que permita una alta eficiencia de utilización del forraje, promoviendo buen comportamiento individual y un razonable rebrote de la pastura (Risso, 1997).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES SEMBRADAS

En cualquier sistema de producción animal que se basa en la oferta de forraje verde, la transformación del mismo en carne, lana o leche se encuentra expuesta a grandes fluctuaciones a lo largo del año, como consecuencia de los altibajos que se producen, no solo por los distintos requerimientos nutritivos que en diferentes grados, presenta cada categoría animal en los distintos estados fisiológicos de su desarrollo, sino también en la entrega de forraje en cantidad y calidad (Carámbula, 2002).

La búsqueda de recursos forrajeros para enfrentar dicha situación generalizada en Uruguay puede ser distinta para las diferentes zonas y presentar a su vez soluciones con eficiencia variada para cada una de ellas (Carámbula, 2002).

2.2.1 Gramíneas

Las gramíneas ocupan un espacio muy importante en la producción de las praderas y pastos naturales, ya que a esta familia pertenecen la mayor parte de las plantas que producen forraje para los animales (Muslera y Ratera, 1984).

Sin embargo, para que mantenga una alta producción es necesario contar con una fuente apropiada de nitrógeno, lo que se logra fundamentalmente mediante siembras asociadas con leguminosas o con la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Carámbula, 2002).

La elección adecuada de la gramínea que deberá ser asociada a la o las leguminosas para formar las mezclas forrajeras en pasturas sembradas, será fundamental no solo para alcanzar un buen balance entre ambas familias en el forraje producido, sino para promover una mejor entrega en las épocas críticas, una mejor estabilidad por el control de las malezas y en un todo una mayor persistencia productiva por parte de las pasturas (Carámbula, 2002).

2.2.1.1 *Lolium multiflorum*

Esta gramínea conocida vulgarmente como “raigrás” o “raigrás anual”, presenta un ciclo de vida anual y un ciclo de producción invernal. Su hábito de vida es semi-postrado (Carámbula, 2002).

Según Carámbula (2002), con respecto a la época de siembra, se recomiendan las siembras tempranas en el otoño con el objetivo de disponer de forraje para el pastoreo lo más temprano posible.

Según Langer (1981), *Lolium multiflorum* se distingue por su crecimiento vigoroso, su rápido establecimiento y porque rinden grandes cantidades de alimento en un período corto de tiempo. Este vigor extremado es una ventaja real en muchas situaciones, pero puede ocasionar problemas en mezclas de pasturas perennes, en las que puede peligrar el establecimiento de otras especies. Una de las propiedades sobresalientes es su capacidad de crecer satisfactoriamente en otoño-invierno.

El género *Lolium* se basa en especies diploides con 7 pares de cromosomas que forman parte de un complejo poliploide *lolium/festuca*. Muchas especies muestran cierta interfertilidad aunque se pueden distinguir dos grupos principales en función del comportamiento de polinización y facilidad de hibridación. El primer grupo comprende especies endogámicas (generalmente catalogado como maleza), y el segundo de polinización cruzada que son los utilizados comercialmente (Humphreys et al., 2010).

Las dos especies principales del género *Lolium*, *Lolium multiflorum* y *Lolium perenne*, se cruzan libremente entre sí, por lo que presentan un gradiente de variación continua que va de las formas estrictamente anuales a las perennes (Ayala et al., 2017a).

En la práctica, los cultivares comerciales derivados de estas dos especies se agrupan en cuatro tipos productivos (Ayala et al., 2017a):

- *Lolium multiflorum* tipo *westerwoldicum*, que no tiene requerimientos de frío y por tanto casi todos los macollos florecen independientemente de la época de siembra y mueren en el verano. Son estrictamente anuales.
- *Lolium multiflorum* tipo *multiflorum* o italiano, tiene requerimientos de frío y los macollos formados a fin de invierno y primavera no florecen y pueden ingresar al verano en estado vegetativo y tener un comportamiento bianual.
- *Lolium hybridum*, es un híbrido de raigrás anual y raigrás perenne que según el cultivar varía desde tipos similares a raigrás anual a tipos más parecidos a raigrás perenne. Requieren vernalización y su duración productiva depende del cultivar, ambiente y manejo.
- *Lolium perenne*, tiene requerimientos de frío y entra al verano con buena población de macollos vegetativos, se distinguen de los tipos

anteriores por sus hojas más finas, macollos achatados y semillas sin aristas.

Según Brock et al., Formoso, citados por García Favre et al. (2017), una característica de *Lolium multiflorum* anual es que presenta mayor tasa de desdoblamiento del endosperma hacia el embrión comparativamente a otras gramíneas, lo que le confiere ciertas ventajas en la competencia por recursos (luz, agua y nutrientes) en las primeras semanas luego de la siembra.

Esta especie es una de las mejores gramíneas de invierno y debido a sus excelentes atributos es imposible de ser superada por la mayoría de las especies forrajeras (Carámbula, 2002).

Según Carámbula (2002), para pastoreo directo los raigrases anuales se ofrecen como plantas rústicas, agresivas y muy macolladoras soportando perfectamente el pisoteo y el diente, al ofrecer buen piso (mejor que los cereales, dada su amplia cabellera de raíces superficiales) y rebrotando rápidamente (dado su muy activo proceso de macollaje).

Por sus numerosas cualidades, los raigrases anuales son gramíneas por excelencia para constituir praderas tanto de corta duración (bianuales) como de larga duración (perennes) para darles precocidad en el año de siembra (Carámbula, 2002).

En la mayoría de las oportunidades los raigrases no se siembran en forma de cultivos puros sino que se instalan formando asociaciones con otras especies forrajeras, a los efectos de complementar entregas importantes de forraje tanto en volumen como en calidad en determinadas épocas y períodos del año (Carámbula, 2002). Respecto a esto Muslera y Ratera (1984), mencionan que es la gramínea por excelencia para praderas de corta duración asociada a *Trifolium pratense*, obteniéndose producciones rápidamente a partir de su establecimiento.

Se trata de un “pasto” de origen mediterráneo que se encuentra naturalizado en los campos de Uruguay desde la llegada de los primeros colonizadores (Carámbula, 2002), por lo que existe naturalmente como planta diploide. Una de las contribuciones más importantes del mejoramiento de raigrás ha sido la duplicación cromosómica produciendo plantas tetraploides con 28 cromosomas (Ayala et al., 2017a).

Como consecuencia de la duplicación cromosómica, las células de las plantas tetraploides son más grandes y con mayor relación contenido celular

versus pared celular, lo que aumenta el contenido de carbohidratos solubles, proteínas y lípidos (Ayala et al., 2017a).

Algunas ventajas destacables de estos cultivares son: mayor producción de forraje pero con producción de materia seca similar; ciclo más largo; mayor apetecibilidad por parte del ganado; mayor calidad de forraje principalmente en primavera; mayor vigor inicial por semillas más grandes (Carámbula, 2002).

Por otra parte como desventajas se mencionan: menor resistencia al pisoteo; menor capacidad de semillazón, resiembra natural y persistencia; menor adaptación a bajos niveles de fertilidad (Carámbula, 2002).

El cultivar WinterStar II, según INASE (2018), es un cultivar anual de tipo westerwoldicum tetraploide, con fecha de espigazón aproximada del 22 de octubre (23 días más tarde que LE 284).

Según Moure (2017), Winter Star II es un cultivar liberado al mercado en el año 2008, que por mejoramiento genético tiene mayor potencial de producción que LE 284.

Para lograr expresar el máximo rendimiento es fundamental sembrar temprano en el otoño, a una densidad entre 20 y 25 kg/ha, en línea, a una profundidad entre 0,5 y 1 centímetro (PGG Wrightson Seeds, s.f.).

2.2.1.2 *Festuca arundinacea*

Es una especie perenne invernal, cespitosa a rizomatosa (rizomas muy cortos), adaptada a un amplio rango de suelos (Carámbula, 2002), ya que con sus raíces profundas es muy apropiada para suelos pesados fértiles y suelos húmedos. Es de originaria de Europa y el Norte de África (Rognli, 2010). Tiene moderadamente buena resistencia a la sequía y no es muy afectada por las heladas (García, 2003).

Con buena implantación, fertilidad y manejo, es una especie persistente que permite la renovación con leguminosas cuando estas se pierden, alargando la vida productiva de las praderas (García, 2003).

La festuca es indudablemente una de las gramíneas perennes más importantes utilizadas en el país y un componente esencial en la mayoría de las pasturas sembradas (Carámbula, 2002). Esto es debido a la capacidad de crecimiento superior, la adaptabilidad a una amplia gama de suelos y climas, la capacidad de respuesta a la fertilización con nitrógeno, la alta tolerancia al pastoreo y la disponibilidad de forraje durante gran parte del año (Rognli, 2010).

Sin embargo, un aspecto negativo es que se establece con lentitud, por lo que es vulnerable a la competencia ejercida por otras especies. Como consecuencia la producción durante el primer año es baja, pero si se maneja de forma adecuada, puede persistir muchos años (Langer, 1981).

Al respecto, se ha sugerido que el establecimiento pobre de la festuca se debería a la baja movilización de las reservas de la semilla y en consecuencia el crecimiento lento de la raíz (Carámbula, 2002).

Su crecimiento otoñal es en general bueno y durante el invierno las plantas presentan poco daño por las heladas (Langer, 1981).

Debido a su alta producción y a su rebrote rápido, esta especie necesita disponer de muy buena fertilidad, si se quieren aprovechar sus características más sobresalientes (Carámbula, 2002).

Por ello, la festuca necesita un suministro de nitrógeno importante, ya sea a través de fertilizaciones nitrogenadas o mediante la siembra de leguminosas asociadas. En este sentido, sus hojas relativamente erectas le permiten coexistir con las leguminosas, formando en especial con trébol blanco, una mezcla muy valiosa (Carámbula, 2002).

La festuca se mantiene verde todo el año siempre que disponga de suficiente humedad, ya que en verano la falta de agua limita su crecimiento más que las temperaturas elevadas. No obstante, se debe destacar que su sistema radicular fibroso, profundo y muy extendido, le permite obtener agua de los horizontes profundos (Carámbula, 2002).

Debido a esto, se debe insistir en que la persistencia de la festuca depende fundamentalmente del desarrollo de un buen sistema radicular desde fines de invierno y primavera (Carámbula, 2002).

Festuca arundinacea es una especie que puede ser portadora de un hongo endófito (*Neotyphodium coenophialum*) que produce dentro de la planta una serie de alcaloides, algunos de los cuales (peramina y lolina) confieren a las plantas ventajas adaptativas y otros (ergovalina y lolitren B) 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 nemátodos, aumenta el macollaje, la persistencia y el rendimiento potencial. El hongo no es una enfermedad para la planta sino que establece con la misma una relación de mutualismo (Ayala et al., 2017a).

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., 2017a).

Los cultivares comerciales de festuca se pueden agrupar en dos grandes tipos, continentales y mediterráneos. Los continentales tienen la capacidad de crecer en todas las estaciones del año, son en general de hojas anchas y hábito de crecimiento intermedio, siendo estos los más utilizados a nivel mundial. Por otra parte, los mediterráneos tienen muy buen potencial de crecimiento invernal pero reposan en verano (Ayala et al., 2017a).

Otra forma de clasificación es según la fecha de floración. Los de floración muy temprana florecen a fines de agosto. Por otra parte, las tempranas florecen a mediados de septiembre, mientras que los tardíos florecen a fines de septiembre, finalmente los muy tardíos florecen a mediados de octubre (Ayala et al., 2017a).

Según Carámbula (2002), la densidad de siembra recomendada para esta especie en una mezcla, es de 9 a 12 kg.ha⁻¹.

El cultivar Estanzuela Tacuabé, es el primer cultivar de festuca mejorado en el Uruguay. Su liberación comercial a mediados de los 70 representó un salto cualitativo por su marcada superioridad sobre Kentucky 31, que era el cultivar más usado en la época (Ayala et al., 2017a).

Este cultivar es de tipo continental de floración temprana (mediados de septiembre), rústico y versátil, que se asocia bien con todas las leguminosas, de probada adaptación al país, y si bien puede producir forraje todo el año tiene un pico de producción en septiembre y otro menor en otoño. Su digestibilidad promedio fluctúa desde un pico de máxima en julio de 77% hasta un mínimo de 55% en verano (Ayala et al., 2017a).

El éxito de la persistencia de este material se sustenta en que su integración genética incluye materiales recolectados de praderas muy viejas a nivel de todo el país, aspecto que garantiza una muy alta adaptabilidad a las condiciones de ambiente y uso en los establecimientos (Formoso, 2010).

2.2.2 Leguminosas

Son evidentes dos características fundamentales que valoran a las leguminosas: su excepcional calidad alimenticia en términos proteicos y minerales, y sus grandes posibilidades de autoabastecerse de nitrógeno y además de cederlo al suelo, a través de él a las demás plantas acompañantes (Muslera y Ratera, 1984). Este aspecto es tan real que dar con la leguminosa apropiada para cada circunstancia específica es asegurarse el éxito de la pastura (Carámbula, 2002).

De acuerdo con la información disponible, se puede afirmar que el mayor potencial nutritivo de las leguminosas sobre las gramíneas se debe a una menor concentración de paredes celulares, una mayor densidad del líquido ruminal, una digestión más rápida de la materia seca y por consiguiente un menor tiempo de retención de la ingesta, lo que conduce, precisamente, a un mayor consumo (Carámbula, 2002).

2.2.2.1 *Trifolium pratense*

Trifolium pratense es una especie perenne de vida corta, proveniente de regiones templadas o subárticas, con un crecimiento aéreo muy ramificado, semierecto que surge de una corona situada por encima de la superficie del suelo. La planta posee una raíz pivotante (Langer, 1981).

Se cree que el trébol rojo se origina en el Sureste de Eurasia, cerca del Mediterráneo, y es indígena de Europa, el Cercano Oriente, África del Norte y Asia central, mientras que se ha introducido deliberadamente para su uso como forraje en el resto del mundo. El trébol rojo es una de las plantas forrajeras con la historia de cultivo más larga, probablemente solo superada por la alfalfa (Boller et al., 2010).

Si bien botánicamente es una especie herbácea perenne, en Uruguay su uso está restringido a rotaciones cortas, de dos años, considerándose por tal motivo como una especie bianual. Este concepto de bianualidad se deriva de la escasa persistencia de las plantas, ya que la mayor proporción de estas muere en el primer verano como resultado del efecto de una o más enfermedades de raíz y corona (Kilpatrick et al., Rufelt, Altier, Skipp y Christensen, citados por Rebuffo y Altier, 1996).

Se trata de una especie de excelente comportamiento productivo, ofreciéndose como muy importante en sistemas intensivos de producción, donde resulta ser preferida para constituir mezclas forrajeras tanto con gramíneas anuales como con gramíneas perennes. En dichas circunstancias, aporta

siempre forraje temprano debido a su muy buena precocidad, pero debe considerarse, como ya se mencionó, que es de vida corta debido a la presencia de enfermedades y a que su resiembra natural no es confiable (Carámbula, 2002).

Debe sembrarse temprano en el otoño, dado que sus plántulas son sensibles al frío. En siembras oportunas, compiten fuertemente con otros pastos y leguminosas, particularmente bajo condiciones favorables de humedad y temperatura y producen altos volúmenes de forraje en su primer año. Esta característica compensa su vida corta y justifica su inclusión en mezclas para pasturas permanentes (Carámbula, 2002).

Debido a su sistema radicular medianamente profundo, es menos resistente a la sequía que el lotus y la alfalfa (Carámbula, 2002).

Después de una defoliación, se forman nuevos brotes cerca de la base de la planta que se convierten en una "corona" a medida que la planta envejece. Durante la vida útil habitual de un trébol rojo, el sistema de raíces está dominado por una fuerte raíz, que deriva de la raíz primaria desarrollada desde el estado de plántula. La profundidad de la raíz es intermedia entre la del trébol blanco de enraizamiento superficial y la de la alfalfa de enraizamiento profundo. Finalmente, se forman raíces adventicias en la corona, raramente en las axilas más bajas de los brotes laterales postrados. Estas características hacen que la persistencia del trébol rojo dependa mucho del desempeño sostenible de los individuos establecidos (Boller et al., 2010).

Respecto a posibles efectos sobre el ganado, se puede considerar que algunas variedades pueden tener una fuerte actividad estrogénica, debida a su riqueza en isoflavonas, también se trata de una especie de alto poder meteorizante, por lo que para su utilización en pastoreos se recomienda siempre asociarlo a una gramínea de ciclo similar como *Lolium multiflorum* (Muslera y Ratera, 1984).

Las variedades de trébol rojo se pueden clasificar, según su grado de latencia invernal y fecha de floración, en tres grupos. Un primer grupo corresponde a los materiales que se siembran comúnmente en Uruguay, sin latencia y de floración muy temprana, el segundo grupo de cultivares tiene cierta latencia invernal y floración intermedia, y un tercer grupo tiene latencia invernal prolongada y floración tardía (Rebuffo y García, 1991).

Según Carámbula (2002), la densidad de siembra recomendada para esta especie sembrada en mezcla es de 4 a 8 kg.ha⁻¹.

El cultivar La Estanzuela 116, proviene de una selección sobre materiales introducidos de Nueva Zelanda. Es un cultivar diploide, de porte erecto a semierecto, de floración temprana, bianual, sin latencia invernal (Ayala et al., 2017a).

Posee una destacada precocidad y alta producción total e invernal, característica que lo diferencia de los cultivares con latencia, aún de los más productivos. Su pico de máxima producción se presenta en noviembre. Su vida productiva es de dos años, con eventuales aportes de forraje en la tercer primavera (Ayala et al., 2017a).

Trabajos realizados en *Trifolium pratense* cv. E 116 por Díaz et al. (1996), muestran que las tasas de crecimiento de otoño-invierno del primer año fueron menores a las de segundo año por efecto de la etapa de implantación. Sin embargo esta especie se destacó por las muy altas tasas de primavera-verano del primer año, que superaron ampliamente a las de segundo año. Ambos máximos se presentaron en noviembre, pero el de primer año superó al del segundo en un 44 % (72 vs. 50 kg MS/ha/día). Esta diferencia se explica, al menos en parte, por los problemas de persistencia que en trébol rojo ya son importantes en el segundo año (Rebuffo y Altier, citados por Díaz et al., 1996).

Para determinar la causa de la baja persistencia de trébol rojo, en 1987 se iniciaron estudios exploratorios de la incidencia de enfermedades de raíz y corona en el cultivar LE 116 (Altier, citado por Rebuffo y Altier, 1996). El 90% de las plantas murieron en el primer verano, sobreviviendo sólo el 2% a la primavera del segundo año. La marchitez y podredumbre radicular fueron la causa principal de mortalidad de plantas (Rebuffo y Altier, 1996).

2.2.2.2 *Trifolium repens*

Según Langer (1981), Izaguirre (1995), *Trifolium repens* es una planta perenne de porte rastrero, glabra, con raíz recta pivotante el primer año que posteriormente se pierde, quedando únicamente las raíces adventicias generadas en los nudos de los estolones, a veces con rizoma vertical ramificado, de ápice ascendente de hasta 25-30 cm de alto en suelos fértiles.

Es una leguminosa de ciclo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera. Por su alta producción de forraje de calidad excelente, su persistencia con manejos intensivos y la habilidad para competir con gramíneas perennes a la vez que cederles nitrógeno, esta especie contribuye a formar las mejores pasturas del mundo (Carámbula, 2002).

Trifolium repens es originaria de Europa, en donde, junto con África del Sur y Asia se cultiva extensamente como forrajera y muchos cultivares han sido introducidos en esta región como componente esencial de praderas artificiales permanentes. Estos muchas veces se naturalizan adaptándose a las diversas condiciones ecológicas y pueden encontrarse en bordes de chacras, caminos y terrenos sin cultivar. Las praderas permanentes en las explotaciones intensivas tienen en el trébol blanco a uno de sus más fuertes productores en volumen de forraje y aporte proteico (Izaguirre, 1995).

Sufre enormemente la falta de agua y muchas plantas pueden morir durante el verano. En estos casos, se comportaría como una especie anual, dependiendo su persistencia en la pastura de una buena resiembra anual (Carámbula, 2002). Respecto a esto Olmos (2004a), afirma que el banco de semillas de *Trifolium repens* en el suelo, puede ser visto como un posible mecanismo para la persistencia de la pastura, acoplado a condiciones ambientales favorables para el establecimiento de nuevas plántulas.

En condiciones de campo, las nuevas plántulas de *Trifolium repens* generadas a partir del banco de semillas del suelo, han sido registradas generalmente en el período otoño-primavera temprana (Gardner et al., Jones, Chancellor, Castrillón y Pirez, Chapman, Archer y Robinson, Panos y Silander, citados por Olmos, 2004a).

La gran adaptación del trébol blanco al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca que produce, se debe a que posee cinco atributos muy positivos: porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar (IAF) bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior (Carámbula, 2002).

Según Carámbula (2002), el trébol blanco debe ser sembrado siempre asociado con una gramínea, ya que de lo contrario el forraje que produzca será desbalanceado y potencialmente riesgoso de que se registren casos de meteorismo. Así, mientras en suelos de mal drenaje es posible sembrarlo con festuca o raigrás perenne, en suelos de buen drenaje la gramínea indicada podría ser dactylis.

Según Carámbula (2002), la densidad de siembra recomendada para esta especie sembrada en mezcla es de 2 a 4 kg.ha⁻¹.

Los cultivares de trébol blanco se agrupan o clasifican en “tipos” asociados a determinadas características. El tamaño de hoja ha sido el principal carácter de diferenciación y normalmente se reconocen tres grandes grupos, según sean de hoja pequeña, intermedia o grande (García, 1996b).

El cultivar Estanzuela Zapicán fue obtenido en La Estanzuela a partir de introducciones realizadas de Argentina. Es un cultivar de hoja grande, erecto, con floración temprana y abundante. Tiene probada adaptación a la región donde se cultiva desde los años 60 (Ayala et al., 2010).

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 (Ayala et al., 2010).

2.2.2.3 *Lotus corniculatus*

Lotus corniculatus es una leguminosa perenne estival con crecimiento a partir de corona, de la que se desarrollan tallos normalmente erectos. Posee un sistema radicular vigoroso de profundidad intermedia entre trébol rojo y alfalfa, formado por una raíz pivotante y ramificaciones laterales que le confieren gran resistencia a las deficiencias hídricas (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Según Aldrich et al., citados por Langer (1981), se adapta a suelos moderadamente ácidos y se ha encontrado que el pH óptimo varía entre 6,4-6,6. Tiene una baja tolerancia al drenaje pobre y al riego excesivo, pero se adapta a un cierto grado de salinidad.

En los últimos años el uso de *Lotus corniculatus* en predios con esquemas intensivos de producción de forraje aumentó en forma considerable debido a características tales como: amplio rango de adaptación a variadas condiciones de suelo con buenas producciones de forraje (Formoso y Allegri, citados por Formoso, 1993), ausencia de riesgo de meteorismo (Seaney y Henson, Marten y Jordán, citados por Formoso, 1993), menores requerimientos de fósforo en relación a *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* para obtener altas producciones de forraje (Puig y Ferrando, citados por Formoso, 1993) y buen valor nutritivo durante la estación de crecimiento (Marten y Ehle, citados por Formoso, 1993). Además tiene buena capacidad fijadora de nitrógeno pero menor a la de *Trifolium repens* (Pereira, 2008).

Esta especie normalmente se utiliza en pasturas de larga vida, en mezclas con gramíneas. Sin embargo, puede sembrarse en cultivos puros, ya que como ya fue mencionado, no produce meteorismo (Carámbula, 2002).

El potencial de *Lotus corniculatus* para producir en verano es de mucho mayor valor, ya que en esa época las condiciones ambientales afectan severamente los rendimientos del resto de las leguminosas a excepción de la

alfalfa (Carámbula, 2002). Respecto a esto, Zanoniani y Ducamp (2004), afirman que posee una alta producción de forraje, del orden de los 6500 kg MS.ha⁻¹.año, con una mayor producción de forraje en primavera y una distribución primavero-estivo-otoñal, dependiendo la producción invernal de las condiciones climáticas de dicha estación.

Formoso (1993), trabajando en INIA La Estanzuela midió la producción estacional de materia seca de *Lotus corniculatus* y encontró que a medida que avanzaba la edad de la pastura, otoño e invierno eran las estaciones donde más se reducía proporcionalmente la producción, siendo al cuarto año las producciones un 27 y 23% inferior respectivamente para otoño e invierno con respecto al segundo año de la pastura.

Esta tendencia provoca una mayor desuniformidad en la oferta forrajera anual, transformándose el cultivo en cada vez más primaveral y menos invernal (Formoso, 1993).

El descenso de la producción de forraje estacional y anual al aumentar la edad del cultivo está determinado principalmente por las graves pérdidas de plantas que generalmente se registran. Disminuciones en la producción de forraje anual posteriores al segundo año del cultivo de *Lotus corniculatus* son frecuentemente reportadas en la literatura (Miller et al., citados por Formoso, 1993). Estas se atribuyen a la pérdida de plantas como consecuencia de lesiones en los tejidos de raíz y corona, provocadas por diversos organismos, hongos, nematodos, etc. (Henson et al., citados por Formoso, 1993).

Según Carámbula (2002), la densidad de siembra recomendada para esta especie sembrada en mezcla es de 4 a 10 kg.ha⁻¹.

El cultivar San Gabriel proviene de una población introducida desde São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brasil. Su mantenimiento y multiplicación se realiza en La Estanzuela desde la década del 70. Presenta una estacionalidad de aporte de forraje adaptada a los requerimientos nutricionales en Uruguay. Es un cultivar que florece temprano, desde noviembre, y tiene un período de floración muy prolongado (Ayala et al., 2010).

En Uruguay, el cv. San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. El período invernal, de menor potencial de producción de forraje, probablemente se explique parcialmente por la ocurrencia de temperaturas infra-óptimas para fotosíntesis neta y no por la acción de mecanismos de latencia (Formoso, 1993).

2.3 PERSISTENCIA DE LAS PASTURAS SEMBRADAS

En una pastura ideal, las especies sembradas persistirían indefinidamente y no habría malezas (Tozer et al., 2011b).

La persistencia de una pastura, puede definirse como el mantenimiento de un stand de plantas suficiente para cumplir con los requerimientos y expectativas del sistema de producción (Marten et al., citados por García, 1992).

Desde el punto de vista agronómico, el concepto de persistencia en las pasturas involucra el criterio de constancia de rendimientos dentro de un equilibrio dinámico de balance entre las especies sembradas (gramíneas y leguminosas) y la vegetación residente. Cuanta más longitud de vida útil de una pastura, más económica será la producción animal que de ella se obtenga (Carámbula, 2004).

Según INIA (2019), las pasturas largas diluyen en el tiempo los costos de implantación, reduciendo los costos por forraje producido y requiriendo una menor área a implantar cada año. Por otro lado, asegurando una persistencia productiva de las pasturas largas, se provee una cobertura continua del suelo (reduciendo el riesgo de erosión), se aporta raíces continuamente, lo que contribuye a la formación de materia orgánica y se mantienen bajos los niveles de nitratos disminuyendo el riesgo de pérdida por lavado.

Hodgkinson y Williams, citados por Jones (1984), han enumerado características que favorecen la supervivencia de la población de plantas en condiciones de pastoreo. Algunas de esas características son: la posición de meristemas basales, de hojas y tallos postrados; el anclaje firme de las raíces; la formación de brotes desde las raíces; el rápido inicio del crecimiento de los meristemas; la aparición de la latencia durante la sequía; la aparición de las estructuras florales cerca del suelo; la reproducción rápida; los mecanismos de enterramiento de la semilla; la retención de la viabilidad de las semillas excretadas en las heces; la formación de semilla dura y los disuasivos morfológicos y bioquímicos.

Según Carámbula (1991), para sembrar una pastura mixta se debe destruir totalmente la vegetación presente, preparar una buena cama de siembra y agregar nutrientes, lo que da lugar a una mezcla forrajera compuesta por gramíneas y leguminosas. Lograr de ellas los máximos rendimientos de materia seca por hectárea es uno de los principales objetivos, explotando las ventajas y bondades que ofrecen ambas familias. Pero el problema es que la duración de una pastura cultivada no puede ser mantenida por tiempo indefinido,

principalmente en Uruguay, donde en general las pasturas se pierden a temprana edad.

La falta de persistencia se presenta generalmente por una pérdida de las especies perennes sembradas, básicamente de las leguminosas, mientras que las gramíneas permanecen en poblaciones poco variables. Al ir desapareciendo las leguminosas, sus nichos van siendo ocupados progresivamente por plantas invasoras tales como malezas y gramíneas ordinarias, muchas veces anuales (Carámbula, 2004).

Carámbula (2004), resalta que a medida que envejece una pastura, lo primero que se detecta es la disminución de rendimiento y longevidad de la población de leguminosas. Luego se registran bajos rendimientos de las gramíneas perennes por tener menos nitrógeno al haber menor presencia de leguminosas.

García (1992), señala que el problema de la persistencia depende de cada sistema de producción y en algunos casos puede ser más importante que en otros. Para la mayoría de los sistemas de producción uruguayos, la mayor persistencia de las leguminosas es un requerimiento altamente deseable, por lo que cada sistema está delineado en función de la persistencia que es factible conseguir de las leguminosas.

Por otro lado Ayala (2012), indica que en sistemas intensivos donde hay rotación agrícola-ganadera, la persistencia está relativizada a poder completar ciclos de rotación preestablecidos con volúmenes de forraje en calidad y cantidad acordes, pero en sistemas extensivos, la persistencia de las pasturas toma un papel más importante, la cual es lograda por la longevidad de las plantas y la resiembra natural.

Las formas de crecimiento de las leguminosas determinan en parte el rango de adaptación de las mismas a distintas situaciones ambientales y de manejo. Desde el punto de vista de la persistencia, reviste particular importancia lo relativo a los sistemas radiculares (García, 1992).

Ayala (2001), señala que la persistencia deficiente sigue siendo un problema sin resolver. Los principales factores que reducen las poblaciones de plantas son las enfermedades y las prácticas de manejo abusivas. Para esto, la investigación busca procedimientos alternativos para mejorar la persistencia mediante procesos reproductivos mejorados y resistencia a las enfermedades.

2.3.1 Factores que inciden en la persistencia de pasturas

Son muchos los factores que pueden estar actuando sobre las especies leguminosas afectando su persistencia, los cuales interactúan distinto dependiendo del ambiente (Noëll, 1998).

García (1992), Noëll (1998), afirman que la pérdida de persistencia de una pastura es el resultado de la acción de diversos factores tales como, factores climáticos, variedades, enfermedades y plagas, manejo, competencia y fertilización fosfatada, los que interactúan en forma diferente en cada ambiente, dando origen a un problema complejo y propio de cada situación en particular.

Jones (1984), señala que los diversos factores que controlan la persistencia de las especies forrajeras se agrupan, en sentido amplio, en aquéllos que pueden ser manejados y controlados por el productor, y en aquéllos en que el productor no puede intervenir. Los factores ambientales como el tipo de suelo, la pendiente, el drenaje, la precipitación y su distribución, las plagas y las enfermedades, no se pueden controlar en condiciones normales de manejo. En cambio los factores de manejo controlables de una pastura son principalmente la duración y la intensidad del pastoreo y la fertilidad del suelo (que puede ser modificada por la aplicación de fertilizantes).

La evolución de las variables que caracterizan el ambiente, fuertemente influenciadas por las climáticas, determina, que dependiendo de la intensidad y la frecuencia de los eventos críticos, asociados fundamentalmente a períodos de estrés hídrico en el suelo, ocurra una reducción drástica en el tamaño de la unidad funcional o tamaño de plantas de trébol blanco. Esta reducción en el tamaño de las plantas, asociada a diferentes prácticas de manejo, podría traer aparejado la pérdida total de las poblaciones introducidas (Olmos et al., 2004b).

Según Olmos et al. (2004b), la interrelación entre el balance hídrico y factores nutricionales, como la aplicación de fosfatos, podría compensar la respuesta de las poblaciones que sufren diferentes intensidades de eventos críticos.

La persistencia de las gramíneas puede ser un fenómeno complejo cuando depende de las tasas relativas de surgimiento y muerte de las macollas. Por consiguiente, si se desea entender la desaparición de las plantas de gramíneas bajo ciertas prácticas de manejo, quizás sea necesario analizar los efectos de estas prácticas en la producción y muerte de las macollas (Jones, 1984).

A su vez, Ayala et al. (2017b), indican que para la persistencia de gramíneas perennes, un factor importante es la sobrevivencia de los macollos en el verano, la cual es afectada por las altas temperaturas a nivel de suelo en esta estación, y por ende la intensidad de defoliación a la que es sometida.

Tozer et al. (2011a), realizaron una encuesta a cuarenta y siete agricultores de cuatro regiones de Nueva Zelanda (Northland, Waikato, Taranaki y North Canterbury), a lo cuales se les pidió información sobre sus percepciones y preocupaciones con respecto a los factores claves que conducen a la pérdida de persistencia de pasturas sembradas. En todas las regiones, se percibió que el manejo del pastoreo es la clave más importante para la persistencia y los insectos plaga el principal enemigo de las especies sembradas.

Las normas de manejo más apropiadas tienen un carácter muy general y por lo tanto deben ser continuamente ajustadas en función del estado en que se encuentra cada pastura y su posible evolución como respuesta a las pautas de manejo tomadas (Formoso, 1982).

2.3.1.1 Factores climáticos

Los factores climáticos y edáficos determinan en gran medida las regiones geográficas en las que los cultivos se pueden cultivar con éxito (Buxton, 1989).

En Uruguay, las altas temperaturas del verano, los frecuentes déficits hídricos en superficie, asociados muchas veces a suelos con una fuerte tendencia a la compactación superficial, originan situaciones de estrés que actúan ya sea afectando directamente las plantas o como elementos predisponentes que las debilitan, dañan sus raíces, las predisponen a enfermedades, etc. El estrés que imponen los factores bióticos (mal manejo, plagas, enfermedades, etc.) son aditivos de factores abióticos (clima, etc.), y cuanto más extremos sean estos, especialmente la sequía, más sensitivo es el sistema a los primeros (García, 1992).

Según Buxton (1989), un estrés leve puede verse solo en la reducción del rendimiento, sin embargo, un estrés prolongado o intensivo mata plantas y reduce las poblaciones.

García (1992), Carámbula (2004), señalan que desde el punto de vista climático, en Uruguay los factores más importantes que afectan tanto el crecimiento como la persistencia de las pasturas son las altas temperaturas y los déficits y excesos hídricos.

Las leguminosas generalmente tienen un rango de adaptación más estrecho y tienen menos resistencia al estrés ambiental que al pastoreo (Buxton, 1989).

Mediante ensayos Bemhaja (1998), concluyó que la persistencia de las especies sembradas fue muy dependiente de la lluvia para cada estación. *Lotus corniculatus* fue la especie de mayor persistencia ante el estrés hídrico de invierno y primavera, mientras que trébol blanco deja de producir frente al importante déficit de agua, pero debido a su morfología y estrategia reproductiva puede sobrevivir y restablecerse vegetativamente cuando las condiciones se vuelven favorables en cierto tiempo.

2.3.1.2 Factores edáficos

García (1992), Carámbula (2004), indican que desde el punto de vista edáfico, en el país, los factores que afectan con mayor incidencia la persistencia de las pasturas son la carencia de fósforo, los niveles de pH por debajo del rango óptimo para las especies sembradas y una compactación superficial que puede constituir un problema, tanto para el reclutamiento de plántulas de leguminosas provenientes de resiembra natural como lotus y trébol rojo, como para el enraizamiento de estolones de trébol blanco y para rizomatosas.

El complejo multifactorial que integran las variables de manejo y sus múltiples interacciones se complica aún más como consecuencia de las variaciones existentes en agua disponible en los suelos del país. Estos además presentan un amplio rango de variación con respecto a riesgos de sequía (Formoso, 1982).

La limitante más generalizada en Uruguay es el bajo nivel de fósforo de los suelos (García, 1992). Según García (1992), Carámbula (2004), se sabe que buenos niveles de fósforo en el suelo favorecen el crecimiento de las leguminosas, pero esta no es una condición suficiente para prevenir por sí solo, el descenso de los rendimientos al aumentar la edad de la misma, ni es el único motivo para incrementar su persistencia.

Existe un proceso de acumulación de raíces y restos de materia orgánica parcialmente descompuestos, que determinan la formación de un manto subsuperficial, provocando déficit en el aporte y utilización de agua, oxígeno y nutrientes, así como la proliferación de muchos saprófitos, entre los cuales pueden encontrarse organismos patógenos. Este cambio en el medio ambiente, causa un deterioro progresivo en el crecimiento de las raíces las que se vuelven más superficiales agravándose el problema (Bates, 1948).

Con respecto a los efectos de la compactación superficial Carámbula (2004), remarca que trae inconvenientes para la resiembra natural de las nuevas plántulas, así como para los estolones y rizomas nuevos, cuyo enraizamiento se ve dificultado principalmente en los suelos apretados y secos. Por otra parte, si la compactación es acompañada por un pobre drenaje, lo cual crea un ambiente desfavorable de anegamiento para las leguminosas, registrando deficiencia de oxígeno, esto afecta no solo a la respiración de las raíces, sino que además deprime la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de los nódulos, lo cual puede traer daños severos en las plantas o incluso la muerte de las mismas.

Por otro lado García Favre et al. (2017), en un estudio comprobaron que el nivel de pH en el suelo puede afectar el establecimiento de las pasturas. En dicho estudio se midió el porcentaje de establecimiento de gramíneas y leguminosas, y se observó que variaciones en el pH en un rango de 5,1 a 5,6 sólo afectó a las leguminosas.

2.3.1.3 Especies sembradas

La siembra de variedades inadecuadas suelen ser una causa de poca persistencia (García, 1992).

En las especies perennes la persistencia normalmente depende tanto de las plantas o partes de las plantas establecidas como de la población de semillas en el suelo. En este último caso puede suceder que la eficiencia de reposición por la aparición de nuevas plántulas no sea satisfactoria por baja velocidad de rompimiento de dureza o latencia, por pobre vigor, por elevada competencia por parte de la vegetación residente o por falta de adaptabilidad de las plántulas para sobrevivir en cobertura (Carámbula, 2004).

En cambio para las especies anuales Carámbula (2004), menciona que la persistencia depende totalmente de los éxitos o fracasos de la regeneración de las poblaciones por resiembra natural, la cual debe realizarse obligatoriamente todos los años, por lo tanto, en las especies anuales es necesario mantener total o parcialmente la integridad del proceso de semillazón para asegurar su persistencia.

De acuerdo con Buxton (1989), Noëll (1998), las leguminosas son las que presentan menor estabilidad en una pastura, y requieren un mejor manejo que las gramíneas para persistir y seguir siendo productivas.

La mayor susceptibilidad de las leguminosas frente a las gramíneas está dada por la menor longitud de raíces por volumen de suelo y a una menor capacidad para reducir la pérdida de agua por transpiración. Asimismo, se debe

aclarar que el estrés hídrico que normalmente sufren las leguminosas bajo condiciones de humedad limitada, se agudiza en las mezclas en presencia de las gramíneas asociadas. Por lo tanto para persistir, las leguminosas requieren hábitats más definidos hidrológicamente, así como prácticas de manejo agronómicas más específicas tendientes a hacer un uso más eficiente del agua en comparación con las gramíneas (Carámbula, 2004).

La escasa producción de forraje de tercer año en trébol blanco, así como la ausencia de crecimiento en el tercer año de trébol rojo y los bajos rendimientos de cuarto año en lotus y alfalfa, ejemplifican los problemas de persistencia que afectan a las leguminosas forrajeras en Uruguay. La persistencia depende básicamente de la sobrevivencia de las plantas originales y de la propagación vegetativa en el caso de trébol blanco (Díaz Lago et al., 1996).

Según García (1992), normalmente en una pastura, las gramíneas pueden presentarse como un importante factor de competencia para las leguminosas, por su mayor adaptación a situaciones de estrés.

Se ha encontrado que los extractos foliares de festuca reducen la germinación de lotus y trébol rojo (Peters y Zam, citados por García, 1992), así como el crecimiento radicular del trébol blanco (Pederson, citado por García, 1992).

Ensayos realizados por Díaz Lago et al. (1996), demuestran que alfalfa y lotus son las especies de mayor persistencia productiva, seguidos por trébol blanco y por último trébol rojo, el cual presenta problemas de persistencia en el tercer año.

García (1992), destaca que en trébol blanco existen variedades de mejor persistencia vegetativa, estas corresponden a algunos cultivares de tipo ladino como Regal y California ladino, que persisten por estolones más que Zapicán, aún en condiciones de pastoreo intenso. Pero estas variedades igual declinan en el tercer año por lo que esta mayor persistencia relativa no se traduce, por ejemplo, en un cuarto año de buena producción consistente.

En el caso del trébol blanco, el cultivar Zapicán no tiene buena persistencia vegetativa ya que utiliza su energía en resembrar para reponer plántulas, comportándose como una anual parcial. Además, tiene baja densidad de estolones y pobre predisposición a arraigar en los nudos y estolones. Dicho hábito es vulnerable al estrés hídrico y a la presión del pastoreo (Noëll, 1998).

Carámbula (2004), menciona que el trébol blanco tiene incapacidad para extender sus sistemas radiculares en profundidad, por lo que es afectado

sensiblemente por la falta de lluvia y se expone a altibajos mayores en su producción y persistencia.

Por otro lado, Bemhaja (1998), indica que el trébol rojo, debido a su rápido establecimiento compite por luz y espacio con las leguminosas perennes, de menor velocidad de establecimiento inicial. Pero su aporte baja radicalmente en el segundo año y no logra sobrevivir a partir del tercer año. Por lo tanto el manejo de esta mezcla de leguminosas se dificulta enormemente y no ofrece ventajas en el medio y largo plazo.

En lotus, existen algunos materiales cuyas plantas persisten más que otros, pero tienen un marcado reposo invernal y mucha menor producción total (García, 1992).

Para el caso de *Lotus corniculatus*, con sus cultivares Ganador y San Gabriel, y trébol rojo con el cultivar LE 116, el mayor problema es la persistencia asociada a un complejo de enfermedades de raíz y corona que provoca la muerte de las plantas (Noëll, 1998).

Alfalfa, lotus y trébol rojo presentan sistemas radiculares pivotantes más o menos desarrollados que le confieren cierta tolerancia a un estrés hídrico. Por otro lado, el trébol blanco presenta sistema radicular superficial, por lo cual es una de las causas más importantes de mortalidad de plantas de esta especie durante el verano (Noëll, 1998).

En festuca, el cultivar Tacuabé tiene amplia difusión debido a que una vez instalada permanece vegetativamente durante el verano, siendo una herramienta que oficia de barrera contra el ingreso de malezas como la gramilla (Noëll, 1998).

Carámbula (2004), señala que la persistencia de cada cultivar en mezclas forrajeras puede ser alterada por la competencia entre las especies y los cultivares que las forman. Cuanto mayor es la presencia de la especie en la composición de la pastura y cuanto más intenso es el pastoreo selectivo, que se ha permitido ejercer a los animales sobre ella, mayor importancia tiene la persistencia de esa especie para la longevidad de la pastura.

2.3.1.4 Implantación

La fase de implantación es particularmente crítica en el logro de praderas productivas pues de su resultado dependerán el rendimiento posterior, balance y persistencia de las mismas (García et al., 1981).

Cuando se siembra una especie en un campo preparado, hay una oportunidad razonable de alcanzar la densidad de población deseada manipulando la tasa de siembra, preparando el terreno, y eligiendo la fecha de siembra (Jones, 1984).

García (1992), menciona que la consecuencia de lograr o no un buen stand inicial es diferente según la forma de crecimiento de cada especie; en trébol blanco, el hábito estolonífero de la especie le permitirá colonizar espacios, aun cuando el stand inicial de plantas es bajo. En lotus y trébol rojo, el logro de un stand inicial de plantas es mucho más importante pues si este es deficitario será difícil de solucionar.

Trabajos realizados por Brito del Pino et al. (2008) evaluando el impacto de la acidez y la fertilización fosfatada sobre la implantación de leguminosas, señalan que estas son en general sensibles a la acidez de los suelos, por lo que tienen menor implantación en suelos ácidos, al igual que en suelos con deficiencia de fósforo.

Es conocido el hecho de que la estabilidad y persistencia de las pasturas cultivadas está relacionado con su mantenimiento en una etapa temprana de la sucesión, en que la pastura es más productiva acumulando biomasa e incrementando la fertilidad del suelo; pero a medida que se aparta de dichas etapas la pastura se vuelve más estable y menos productiva (Carámbula, 1991).

2.3.1.5 Fertilización

García et al. (1981), afirman que para lograr pasturas productivas con las especies disponibles, resulta imprescindible en la mayoría de los suelos del país la fertilización fosfatada, y para mantener productiva una pastura es necesario un mantenimiento de un adecuado nivel de fósforo en el suelo.

Carámbula (2004), señala que el elemento vital es el nitrógeno, ya que es el nutriente que controla universalmente la producción de materia seca de las pasturas. Pero la presencia de fósforo es el principal nutriente que afecta las leguminosas, las que como dadoras de nitrógeno incitan que en pasturas mixtas, el fósforo se transforme en el nutriente limitante para la producción de forraje y la persistencia de las pasturas.

Santiñaque (1981), menciona que existe interacción entre la respuesta al fósforo y la edad de la pastura. En el cuarto y quinto año, hay una menor respuesta al agregado de fósforo, lo que significa que cuando la pastura envejece existen otros factores limitantes de la producción, o sea, las diferentes edades poseen un potencial de producción diferente y decreciente.

A su vez Carámbula (2004), afirma que es importante que las plántulas de las leguminosas reclutadas tengan cantidades suficientes de fósforo soluble al momento de la germinación, pero no basta con fertilizar a la siembra, sino que es imprescindible efectuar refertilizaciones anuales.

A medida que avanza la edad de la pastura, para aumentar la eficiencia de la refertilización puede ser necesario complementarla con otras medidas de manejo (García et al., 1981).

Podría ser más adecuado aumentar la disponibilidad de fósforo en el suelo, cuando la pastura hace una utilización eficiente del nutriente. De acuerdo con ello, parecería lógico que la disponibilidad de fósforo en el suelo en los distintos años de la pastura siguiera la misma tendencia que la producción de forraje (Santiñaque, 1981).

2.3.1.6 Pastoreo

El manejo del pastoreo es uno de los factores que afecta con mayor intensidad la persistencia de las pasturas (Carámbula, 2004).

La persistencia es afectada, a medida que avanza la primavera y las gramíneas florecen, se producen en la pastura áreas subpastoreadas que conducen al enmaciegamiento y áreas sobrepastoreadas con niveles decrecientes de reservas, por tanto más susceptibles a la sequía y que serán los sitios más propensos a la invasión de malezas y degradación de la pastura (García et al., 1981).

La interacción entre frecuencia e intensidad del pastoreo ejerce una influencia muy importante sobre el porcentaje de sobrevivencia de cada una de las unidades de crecimiento (Hodgson y Sheath, citados por Carámbula, 2004).

El solo hecho de variar 30 días entre una defoliación y otra, se desencadenan a nivel de pasturas, dinámicas evolutivas totalmente diferentes en composición botánica, número y vigor de plantas, producción posterior de forraje, porcentaje de malezas, etc. (Formoso, 1982).

Un pastoreo rotativo demasiado frecuente puede conllevar a menores tasas de rebrotes y disminución de sobrevivencia de las plantas, con disminuciones de la producción y persistencia de las pasturas (Zanoniani, 2010).

Además Carámbula (2004), afirma que bajo pastoreo rotativo controlado con altas cargas, las parcelas fertilizadas cambian su composición florística

predominando las especies deseables. Pero a su vez, las mismas parcelas fertilizadas, pero sin las subdivisiones adecuadas y bajos pastoreos no controlados, no tienen cambios en su composición botánica ni en su longevidad porque el pastoreo selectivo anula el efecto del fertilizante.

En las gramíneas, existe una pérdida de macollos a medida que transcurre el tiempo. Sin embargo, aquellas pasturas manejadas en forma más aliviada tienden a perder menos macollos que las manejadas más intensamente (Ayala et al., 2017b).

Jones, citado por Carámbula (2004), sostiene que gran parte del descenso de la productividad y el deterioro de la composición botánica de las pasturas sembradas es el resultado de manejos de pastoreo incorrectos, pero también tienen importancia fundamental las interacciones entre manejo y fertilizante, en el mantenimiento o mejoramiento de la composición y calidad de la pastura.

Sin embargo, se debe enfatizar el hecho de que el pastoreo interacciona en forma muy compleja con los factores ambientales dominantes y con las especies que componen la pastura. En este sentido, cuando las presiones ambientales son severas (altas temperaturas y sequías), el manejo se vuelve crítico (Carámbula, 2004).

2.3.1.7 Malezas

Tozer et al. (2011b), mencionan que un motivo de preocupación para los productores es la mala persistencia de las especies de pasturas sembradas y su sustitución por malezas. El costo de sembrar una pastura es alto y se pierde mucho cuando las especies no persisten y las malezas invaden.

Carámbula (2004), señala que cuando existe un enmalezamiento el primer año de vida, afecta negativamente su capacidad productiva, además dificulta el manejo del pastoreo y repercute en su longevidad y estabilidad, lo cual disminuye su persistencia productiva.

Hay tres factores importantes que permiten el ingreso de malezas. El primero es la competencia interespecífica entre las especies sembradas y las malezas. El segundo es la perturbación de la pastura, mediante mal manejo del pastoreo, pisoteo, enfermedades e insectos. Y el tercero es la presión de malezas con que se cuenta (Tozer et al., 2011b).

Las leguminosas ven afectada su persistencia por competencia tanto en la etapa de establecimiento como en tapices ya establecidos. Durante el

establecimiento las leguminosas competirán con malezas anuales y con las especies acompañantes. En tapices establecidos los principales competidores serán las gramíneas perennes (Sheaffer, citado por Noëll, 1998).

Por lo tanto, mientras en los primeros años de vida de una pastura tienden a dominar las malezas arvenses anuales y gramíneas anuales agresivas, posteriormente, las malezas perennes van adquiriendo mayor importancia incluyendo aquellas de mediano porte y gramíneas agresivas como la gramilla (Carámbula, 2004).

Según Zanoniani (2010), la menor productividad del otoño determina sobredotación sobre las praderas, además menor cobertura y por lo tanto mayor presencia de malezas, lo cual condiciona la productividad y persistencia de las pasturas.

El grado de enmalezamiento de las pasturas es tanto mayor cuanto menos precoces son las especies incluidas en la mezcla, más largo es el período de reposo de las mismas, más secos son los veranos y menor es el porcentaje de gramíneas precoces en la mezcla (Carámbula, 2004).

Carámbula (2004), indica que el tamaño de la semilla y la rapidez de las plantas jóvenes de crear un follaje denso, son factores que les permite utilizar mejor la luz, los nutrientes y el agua disponible, lo que favorece la formación de ambientes sombríos que impiden la germinación de las semillas de las malezas. Pero esta capacidad difiere según especie forrajera sembrada, por lo que su susceptibilidad frente a la competencia con las malezas cuando se encuentran en estado de plántula es diferente. Por ejemplo, el género lotus se muestra como altamente susceptible, sus plántulas se desarrollan muy lentamente y casi nunca alcanzan a formar un follaje denso que favorezca su autodefensa.

Según Carámbula (2004), cuando una pastura está integrada por especies de ciclo complementario, se explota el ambiente en forma más eficiente y hay una mayor productividad, persistencia y estabilidad frenando la invasión latente por parte de las malezas.

Por otro lado, las altas temperaturas de verano pueden ser muy perjudiciales para la supervivencia de macollos de festuca. Como verano es un período con baja o nula producción de macollos, una excesiva pérdida de macollos abre el tapiz y permite la aparición y expansión de malezas de verano anuales o perennes (INIA, 2019).

2.3.1.8 Enfermedades y plagas

Respecto al control de enfermedades y plagas, solamente en los casos de semilleros parece factible plantearse el uso de fungicidas y/o insecticidas como herramientas de control. En pasturas para uso directo de animales, el uso de variedades resistentes a las enfermedades prevalentes en cada región y el manejo son las estrategias a utilizar (García, 1992).

Se distinguen aquellas enfermedades que afectan la implantación del cultivo y aquellas que afectan al cultivo ya establecido. Estas últimas se agrupan de acuerdo a la parte de la planta afectada: órganos aéreos (hoja, tallo, flor) y órganos subterráneos o ubicados a nivel del suelo (raíz, corona, estolón). Las enfermedades causadas por hongos y chomistas constituyen el grupo de mayor importancia, seguidas por las enfermedades causadas por virus, nematodos, fitoplasmas y bacterias (Altier, 2010).

Si bien las enfermedades y los síntomas que causan los distintos agentes patógenos se suelen describir individualmente, las plantas generalmente presentan infecciones múltiples. La ocurrencia de enfermedades en forma simultánea o secuencial, en interacción con factores ambientales, ocasiona el debilitamiento y muerte de plantas, con la consiguiente declinación prematura del stand (Altier, 2010).

Según Altier (2010), patógenos del suelo con mecanismos de sobrevivencia causan enfermedades en el sistema radicular y en estolones, y constituyen las fuentes de inóculo para la infección inicial. Cuando existen hospedantes susceptibles ocurre el efecto rizósfera, debido a la liberación de exudados radiculares que estimulan la germinación de los propágulos del patógeno. Temprano en la vida de la planta ocurren las infecciones y progresan gradualmente con la edad del cultivo. Su desarrollo es lento y dependiente de las condiciones ambientales y de manejo; cualquier condición de estrés en el cultivo puede acelerar su evolución.

Al afectar directamente los tejidos, reducen la capacidad de absorción de agua y nutrientes, de anclaje, de fijación de nitrógeno, de translocación y de almacenamiento de reservas. La ocurrencia de estas enfermedades se manifiesta por la falla de las plantas para rebrotar luego de un corte o pastoreo, baja tolerancia al estrés hídrico durante el verano, marchitamiento parcial o total de los tejidos aéreos y podredumbre en los tejidos de corona y raíces, ocasionan la muerte de las plantas y disminuyen la persistencia del cultivo (Altier, 2010).

Altier (2010), señala que es necesario el diagnóstico preciso de cada situación sanitaria y el conocimiento de las variables epidemiológicas que

intervienen, para poder establecer mecanismos eficientes, económicos y durables de control. Se debe prevenir o minimizar el impacto de las enfermedades en los diferentes sistemas de producción para lograr un manejo racional. Para esto, el manejo de la pastura debe integrar diversas estrategias y debe ser continuo, para asegurar una performance superior y sostenida en el tiempo.

Según Campbell, citado por Altier y Maeso (2005), los virus causan enfermedades que reducen la producción y la persistencia de muchas leguminosas forrajeras e interfieren en el proceso de fijación simbiótica de nitrógeno. Esto provoca un incremento general de los costos de producción.

El estudio de la evolución de la infección viral a nivel temporal, a partir de cultivos de primer y segundo año, permitió registrar un incremento de la incidencia viral proporcional al envejecimiento del cultivo. Este incremento está fuertemente relacionado a la capacidad de los áfidos de transmitir estos virus en forma no persistente. En todos los casos, los incrementos registrados en la incidencia viral fueron coincidentes con un importante número de áfidos alados presentes sobre el cultivo (Altier y Maeso, 2005).

Los insectos pueden dañar las pasturas directamente consumiendo el follaje, raíces o savia o indirectamente por transmisión de patógenos o favoreciendo la entrada de los mismos (Alzugaray y Ribeiro, 2000).

Según Alzugaray y Ribeiro (2000), los enemigos naturales como los insectos entomófagos y especialmente los parasitoides, necesitan de períodos largos para alcanzar poblaciones numerosas, por lo que las pasturas largas proporcionan a estas especies un lugar en el cual desarrollar o mantener poblaciones que luego actuarán sobre los insectos plaga de todo el sistema de producción.

Las plantas sometidas a un ataque crónico logran sobrevivir durante cierto tiempo pero ven afectada su producción y a la larga mueren. Los efectos agudos son de gran impacto ya que en pocos días puede perderse toda el área foliar de la pastura. Los insectos que provocan daños agudos por lo general son percibidos como más importantes debido a ese fuerte impacto visual y al efecto inmediato sobre la disponibilidad de forraje para los animales, sin embargo los daños crónicos pueden provocar efectos más permanentes en la productividad y calidad de la pastura. Un ejemplo de insectos que provocan efectos crónicos son los insectos de suelo (Alzugaray y Ribeiro, 2000).

2.3.1.9 Resiembra natural

Carámbula (2004), indica que la persistencia de la pastura estará asegurada, más que por la longitud de vida de cada planta, por el reclutamiento continuo de nuevas plántulas, proceso que debería cumplirse irremediamente y preferentemente todos los años, lo cual constituye la base de la longevidad de las pasturas.

Para que una población sobreviva, es necesario que nuevas plantas replacen a las que mueren. La aparición de nuevas plantas puede ocurrir por procesos sexuales o asexuales. Para que una especie forrajera persista por medio de la reproducción sexual, debe producir semillas mientras se halla sometida a pastoreo, puesto que la cantidad de semillas latentes que queda de la siembra original es, generalmente, muy baja (Jones, 1984).

Carámbula (2004), indica que el manejo de la resiembra natural es otro de los factores que afecta la longevidad de las pasturas, especialmente de las leguminosas, debido a que en general, estas especies poseen vida corta, por lo que la búsqueda de su persistencia productiva debe realizarse mediante acciones que favorezcan su resiembra natural y reclutamiento de nuevas plántulas.

Según Ayala (2001), para asegurar un stand de plantas, debe haber en el largo plazo un reemplazo de los individuos que integran la población, para esto se debe promover los procesos de floración y semillazón para incrementar los niveles de semillas en el banco de semillas en el suelo y facilitar el reclutamiento de nuevos individuos.

Bottaro y Cuadro (2000), estudiando la renovación de pasturas engramilladas concluyen que la existencia de un buen banco de semillas en el suelo permite renovar pasturas, sin la necesidad de nuevos agregados de semilla.

Luego de los procesos de semillazón y dispersión, muchas semillas pasan por un período de latencia el cual puede ser corto o durar varios años. Este comportamiento da lugar a que se acumule en el suelo una población elevada de semillas sin germinar dando origen al llamado banco de semillas. La principal entrada de un banco de semillas está dada por el proceso de semillazón natural y por dispersión local (Carámbula, 2004).

Jones (1984), indica que después de varios años desde el establecimiento de una pastura, la población de plantas contiene individuos de

edades diferentes, en contraste con la población de edad uniforme que resulta de la siembra inicial.

En el caso de cualquier pastura, y en especial aquellas ubicadas en sistemas ganaderos, parecería imprescindible promover un banco de larga vida (persistente) a través de que se registren resiembras efectivas por lo menos en años alternados (Carámbula, 2004).

Las estrategias de manejo desempeñan un papel central, definiendo el tamaño del banco de semillas y la calidad de la semilla, controlando la aparición de brechas de vegetación para un establecimiento exitoso y dirigiendo la competencia hacia el futuro en las etapas de desarrollo (Ayala, 2001).

Carámbula (2004), afirma que en las especies perennes, hay especies de muy bajo reclutamiento, que no están bien adaptadas al hábito anual por autorresiembrar. En estos casos la resiembra natural depende fundamentalmente de las condiciones ambientales climáticas y de competencia, las cuales determinan hasta qué punto este mecanismo puede ser exitoso.

Olmos (2004a), indica que el trébol blanco, permite la posibilidad de recuperar una pastura, luego de períodos de estrés, a través del reclutamiento de nuevas plantas, a partir de la resiembra natural de la semilla.

A la vez, Archer y Robinson, citados por Carámbula (2004), mencionan que la resiembra natural de trébol blanco es exitosa cuando se produce la muerte de estolones por estrés hídrico durante el verano y se registran condiciones favorables de humedad en el otoño e invierno subsiguientes.

La resiembra natural tendrá que ser siempre favorecida por manejos apropiados tendientes a promover la germinación de dichas semillas y la instalación de sus plántulas. De lo contrario, habrá que aplicar técnicas simples que permitan la introducción de nuevas poblaciones por medio de resiembras en cobertura u otros medios (Carámbula, 2004).

La época ideal para realizar los trabajos que favorezcan el reclutamiento de nuevas plántulas es a fines de verano y principios de otoño ya que en esta época se impulsa el desarrollo rápido de las plántulas tanto de las leguminosas como de las gramíneas anuales (Carámbula, 2004).

Según Jones (1984), en especies perennes, la supervivencia de plantas sembradas, es mayor generalmente que la de las plántulas que surjan más tarde de la semilla producida, ya que las originales experimentan menos competencia

en la fase joven y pueden desarrollarse más rápido, hasta ser plantas de mayor tamaño.

2.4 PRINCIPALES NUTRIENTES QUE LIMITAN LA PERSISTENCIA

2.4.1 Fósforo

El fósforo (P) se clasifica como un macronutriente, pese a que su contenido en las plantas es siempre menor que el de nitrógeno, potasio y calcio. Sin embargo, como factor limitante de la producción vegetal, el P es más importante que el calcio, y quizás aún más que el potasio (Hernández, 1999).

El P es un nutriente esencial para las plantas y animales por su intervención en numerosas reacciones que implican almacenamiento y liberación de energía (Morón, 1994).

2.4.1.1 Fósforo en el suelo

Considerando el material de origen de los suelos, los valores más elevados se encuentran en suelos formados a partir de la alteración de rocas básicas, como basalto. Le siguen en importancia los suelos derivados de sedimentos limo arcillosos, como los de las formaciones geológicas Fray Bentos y Libertad (Hernández, 1999).

Zamalvide (1996), indica que coexiste en el suelo un equilibrio químico entre la parte inorgánica y la orgánica, que gobiernan su disponibilidad.

Por lo tanto Hernández (1999), separa dentro de cada pool de P inorgánico u orgánico aquella fracción correspondiente a compuestos más lábiles (o sea, de menor estabilidad química, capaces de ser degradados y/o solubilizados más rápidamente y con mayores posibilidades de contribuir a la nutrición de las plantas), de aquella correspondiente a compuestos menos lábiles (de mayor estabilidad química).

El P inorgánico se encuentra combinado con metales como hierro, aluminio y calcio; así como con minerales arcillosos de tipo 1:1 o 2:1. La proporción relativa de los compuestos inorgánicos de fósforo con hierro, aluminio o calcio es dependiente del pH y de la cantidad y tipo de minerales existentes en la fracción arcilla (Morón, 1992).

Se entiende por lábil o disponible, aquella fracción del fósforo inorgánico presente en fase sólida capaz de reponer el fósforo presente en la solución del suelo en la medida que este disminuye su valor de equilibrio. La absorción por

parte de raíces de plantas en crecimiento disminuye constantemente la concentración de P respecto al valor de equilibrio (Morón, 1994).

Cuadro No. 1. Rango de niveles críticos de P disponible en los primeros 15 cm de suelo (Bray I) para la instalación de especies forrajeras en suelos de texturas medias y pesadas en la zona Sur y litoral Oeste del Uruguay

Especie	Rango crítico Bray I (mg P.kg ⁻¹)
<i>Trifolium repens</i>	15 – 16
<i>Trifolium pratense</i>	12 – 14
<i>Lotus corniculatus</i>	10 – 12
Gramíneas	8 – 10

Fuente: adaptado de Bordoli (1998).

2.4.1.2 Fósforo en la planta

Según Zamalvide (1996), la concentración de fósforo disponible en el suelo es dado por el equilibrio entre lo que la raíz absorbe y lo que el suelo repone en ese sitio. Esta concentración estará limitada por el factor cantidad (P lábil), el factor capacidad (concentración de P en la solución en el punto en que libera) y en la eficiencia de la difusión desde donde se libera hasta donde la raíz lo absorbe.

A medida que las raíces de las plantas se abren paso a través del suelo, entran en contacto con el fosfato de la solución del suelo. Cuanto más delgadas son las raíces y mayor es la longitud de la raíz, mejor puede ser interceptado el fosfato. Pelos radiculares y longitud del vello radicular en particular también son importantes en este respecto (Fohse et al., citados por Mengel y Kirkby, 2001).

En las plantas, existen una gran cantidad de reacciones de degradación (hidratos de carbono, lípidos, proteínas) que implican liberación de energía. Esa energía es almacenada en el adenosíntrifosfato (ATP) mediante enlaces P-P ricos en energía. La energía almacenada en el ATP es utilizada en otros procesos que demandan energía como son los procesos de síntesis o la absorción activa de iones en la raíz de las plantas. Similares consideraciones pueden realizarse acerca del fósforo como integrante de los ácidos nucleicos (ADN, ARN), fosfolípidos (membrana celular) y coenzimas NAD y NADP (Morón, 1996b).

Hernández (1999), indica que algunos de los procesos más importantes en los cuales el fósforo está involucrado son: la división celular, la estimulación del crecimiento celular, floración, fructificación y formación de semillas, y macollaje en los cereales.

2.4.1.3 Deficiencia de fósforo

Debido a que el P es un elemento móvil en las plantas y a que las partes jóvenes en crecimiento tienen prioridad, en situaciones deficitarias, los síntomas de carencia se presentan en las hojas viejas. En las pasturas, donde las plantas son un producto intermedio, el déficit de P disminuye las tasas de crecimiento y afecta la concentración de P en el forraje y por tanto su calidad nutritiva (Morón, 1996b).

Uno de los primeros síntomas de deficiencia de P es una inhibición específica de la expansión de la hoja y área superficial de la hoja (Fredeen et al., citados por Mengel y Kirkby, 2001).

Una deficiencia de P da como resultado plantas pequeñas, de escaso crecimiento, con reducido sistema radicular y tallos delgados (Hernández, 1999).

Según Khamis et al., citados por Mengel y Kirkby (2001), la relación parte aérea/raíz en peso seco, disminuye por el aumento de la partición de carbohidratos a la raíz donde la sacarosa puede acumularse.

Aunque una deficiencia extrema de P puede ocasionar un amarillamiento foliar, la apariencia más común es un color azulado oscuro que puede estar acompañado con tintas de color bronce o púrpura (Hernández, 1999).

2.4.1.4 Manejo del fósforo

Morón (1996b), señala que en los agroecosistemas el ciclo del fósforo es abierto, existen entradas y salidas. Hay cuatro grandes vías de pérdidas hacia el exterior: extracción de P a través de las reservas forrajeras, transferencia de P vía heces fuera de área productiva, extracción en productos animales (leche, carne) y erosión. Mientras que la única entrada significativa de fósforo al sistema es vía fertilizante fosfatado.

Prácticas como la fertilización fosfatada, cultivos continuos sin fertilización o cultivos de pasturas, determinan importantes modificaciones en el ciclo del fósforo y por consiguiente en su disponibilidad para las plantas (Morón, 1994).

Los métodos más usuales para diagnosticar suficiencias o deficiencias de nutrientes son los análisis químicos de suelos y el análisis de plantas. En Uruguay, el análisis químico de suelo ha sido el método más utilizado para el diagnóstico de necesidades de P tanto para cultivos como para pasturas. Dentro

del análisis químico de suelo los dos métodos más empleados han sido el método de resinas de intercambio catiónico y el método Bray I (Morón, 1996b).

Hernández (1999), clasifica a los fertilizantes fosfatados en insolubles y solubles. Dentro de los solubles se encuentra la roca fosfatada, que finamente molida puede ser utilizada directamente como fuente de P para las plantas y se han diferenciado las fosforitas duras y las fosforitas blandas. Las fosforitas duras, pueden ser de origen sedimentario, ígneo o metamórfico, mientras que las fosforitas blandas, en cambio, provienen siempre de depósitos de origen sedimentario.

En el caso de las fosforitas para uso directo, los elementos condicionantes para su elección son: material de alta reactividad, suelos de pH menor a 6 y cultivos o aportes de largo plazo. Otros factores favorables son: mayor acidez, suelos con alta capacidad de retrogradación de P y objetivos de la fertilización de mantenimiento (Zamalvide, 1996).

Los fertilizantes fosfatados solubles son aquellos materiales fertilizantes donde se ha aumentado la solubilidad del P a través de un tratamiento ácido o térmico. El material resultante presenta la característica general de presentar un contenido muy elevado de P soluble al agua y de rápida disponibilidad (Hernández, 1999).

Una manera de aumentar el rendimiento y calidad de forraje de las pasturas es a través de la inclusión de leguminosas en el tapiz. Para un establecimiento apropiado de las mismas es necesario contar con una disponibilidad adecuada de fósforo en el suelo. Dados los niveles deficientes de este nutriente en muchos suelos, es necesario su aporte a través de la fertilización (Silveira, 2015).

Según Bordoli (1998), cuando se realiza una adecuada fertilización fosfatada a la siembra, se encuentran sistemáticamente respuestas importantes a las refertilizaciones otoñales en todas las especies. Por lo tanto es necesario y rentable hacer las refertilizaciones otoñales anualmente con dosis de 30 unidades de P_2O_5 de forma de mantener una alta productividad de las pasturas con leguminosas.

2.4.2 Nitrógeno

En términos generales, para la mayoría de los países, se puede afirmar que el nitrógeno es el nutriente más limitante para el crecimiento de las plantas (Morón, 1996a).

Debido a la importancia del N en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se lo clasifica como macronutriente. Es, además, el nutriente que en general más influye en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agropecuaria (Perdomo y Barbazán, 1999).

Los procesos de intensificación de la producción animal en base a pasturas implican necesariamente un aumento significativo de la entrada de nitrógeno al sistema suelo-planta-animal (Morón, 1996a).

2.4.2.1 Nitrógeno en el suelo

Según Mengel y Kirkby (2001), el suelo representa solo una fracción diminuta de N litosférico, y de este, sólo una muy pequeña proporción está directamente disponible para las plantas.

El porcentaje de N total en el horizonte superficial de los suelos del país (en general) está en el rango de 0.1 a 0.3 %, siendo la textura un elemento gravitante. Entre el 98 a 99% del N total que se encuentra en el suelo está en forma orgánica (Morón, 1996a).

Perdomo y Barbazán (1999), indican que el N presente en el suelo bajo formas orgánicas no está disponible para las plantas, sino que para ser absorbido tiene que pasar a formas inorgánicas. El N inorgánico representa un 2% del total en el suelo, encontrándose en formas de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2^-); las plantas pueden absorber tanto nitrato como amonio.

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. Ejemplos de estos procesos son la mineralización, nitrificación, amonificación, desnitrificación, etc. (Perdomo y Barbazán, 1999).

2.4.2.2 Nitrógeno en la planta

El N es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales (Perdomo y Barbazán, 1999).

Es bien conocido que las plantas requieren más de nitrógeno que de cualquier otro nutriente del suelo (Rebuffo, 1994).

Según Perdomo y Barbazán (1999), el N cumple funciones vitales dentro de los seres vivos, encontrándose dentro de las plantas tanto en formas orgánicas como inorgánicas. Las inorgánicas de poca magnitud, estando la mayoría como nitrato, única forma inorgánica capaz de ser almacenada. Por lo tanto, dentro de la planta la mayoría del nitrógeno se encuentra en forma orgánica.

La función principal del N en los seres vivos es formar parte de las moléculas de aminoácidos y proteínas. El N también es constituyente de otros compuestos como vitaminas, coenzimas, clorofila y ácidos nucleicos (ADN, ARN, Morón, 1996a).

2.4.2.3 Deficiencia de nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno se caracteriza por una baja tasa de crecimiento. Las plantas permanecen pequeñas, los tallos tienen una apariencia delgada, las hojas son pequeñas y las más viejas a menudo caen prematuramente. El crecimiento de la raíz se ve afectado y, en particular, la ramificación está restringida (Mengel y Kirkby, 2001).

Perdomo y Barbazán (1999), señalan que en condiciones de deficiencia de N se produce una competencia interna dentro de la planta que determina la movilización del N desde los órganos de mayor edad (hojas viejas) hacia los órganos más jóvenes, por ser un nutriente móvil dentro de la planta. Si la planta se encuentra en la fase reproductiva, el N es translocado preferentemente hacia las flores y/o frutos. Esto determina que los síntomas de deficiencia de N aparezcan en las hojas más viejas.

Deficiencias de N da como resultado el colapso de los cloroplastos y también una alteración del desarrollo del cloroplasto. Por lo tanto las hojas deficientes en N sufren clorosis que generalmente es más bien uniformemente distribuido en toda la hoja (Mengel y Kirkby, 2001).

2.4.2.4 Manejo del nitrógeno

Las dos entradas de nitrógeno más significativas son la fijación biológica de nitrógeno (FBN) a través de las leguminosas y los fertilizantes nitrogenados. Las salidas de N del sistemas son: volatilización de N-NH hacia la atmósfera; lixiviación; desnitrificación, pasaje de N-NO₃ a gases (N₂ y N₂O); erosión; productos animales (leche, carne, lana) y deyecciones animales fuera del área productiva (salas de ordeño, caminos, etc., Morón, 1996a).

Si bien es importante minimizar las pérdidas, normalmente las mayores vías de salida de N son las extracciones en los productos agropecuarios. Cuanto más intensivo es el sistema, más posibilidad existe que el nivel de fertilidad del suelo se vea afectado. Esto puede evitarse con diversas medidas de manejo (rotaciones de cultivos y pasturas, agregados de materiales fertilizantes orgánicos e inorgánicos, etc., Perdomo y Barbazán, 1999).

La respuesta a N de una pastura está determinada por las condiciones climáticas durante y después de la fertilización y las tasas de crecimiento de la misma. Los fertilizantes aplicados en superficie son relativamente ineficientes si se aplican en condiciones secas u ocurren lluvias excesivas luego de su aplicación (Rebuffo, 1994).

Según Perdomo y Barbazán (1999), los fertilizantes nitrogenados se clasifican, según su origen, en orgánicos e inorgánicos. La mayoría del N de los materiales orgánicos no es soluble en agua, por lo que este N se va liberando a medida que se va mineralizando. Mientras que la mayoría de los fertilizantes nitrogenados inorgánicos derivan del amoníaco (NH_3), obtenido por síntesis de nitrógeno e hidrógeno gaseosos, o de la industria del carbón. A partir del NH_3 se elaboran muchos fertilizantes nitrogenados. Y dentro de las fuentes nitrogenadas inorgánicas existen dos grandes tipos: las amoniacales y las nítricas.

Las aplicaciones de nitrógeno, tienen en general un efecto negativo en la proporción de *Trifolium repens* en una pastura. La respuesta de la planta consiste en una reducción de los componentes, como el número de estolones, el largo de estolones, el número de nudos, el número de puntos de crecimiento, el número de yemas axilares y el número de hojas por plantas, todos contribuyendo a una reducción en el peso seco de las plantas y en el número de plantas por metro cuadrado (Fisher y Willman, citados por Olmos, 2004a).

Según O'Connor, citado por Haynes y Williams (1993), durante la etapa de producción, aplicaciones estratégicas de pequeñas cantidades de nitrógeno (25 a 50 kg N/ha) permiten beneficiar a las gramíneas, sin perjudicar a las leguminosas.

2.5 DEGRADACIÓN EN PASTURAS

Existe un descenso en la productividad de las pasturas a partir del tercer año, agravado o amortiguado en función del éxito obtenido en la aplicación práctica de todas las variables manejables por el productor (UdelaR. FA, 1997).

La degradación de las praderas se concibe como una reducción en la proporción de especies forrajeras deseables y la disminución en la capacidad

productiva de las especies vegetales de mayor valor forrajero, con un incremento en la población de malezas y baja calidad nutritiva del forraje en la praderas, por lo cual, la capacidad de carga y la producción animal en la pradera se reducen considerablemente, con repercusiones importantes en los costos de producción y en la calidad de los productos animales que recibe el consumidor (Pérez, 2014).

Según Padilla et al. (2009), un pastizal está degradado cuando sus especies deseables han perdido su vigor y capacidad productiva por unidad de área y por animal, y ocupan su lugar áreas despobladas y especies indeseables de escaso rendimiento y valor nutritivo, lo que provoca el deterioro ecológico y económico, que resulta incompatible con los sistemas ganaderos productivos.

García et al. (1981), mencionan que la vida productiva de las praderas artificiales en Uruguay se ve seriamente comprometida a partir del tercer año, donde los rendimientos sufren importantes disminuciones con respecto a la producción máxima (generalmente alcanzada en el segundo año desde la instalación), aumentando además la variabilidad de la producción. Además, las características productivas están relacionadas al comportamiento de las leguminosas de la mezcla, que predominan los dos primeros años y disminuyen posteriormente su producción de modo repentino.

Carámbula, citado por Bottaro y Cuadro (2000), señala que si bien la superioridad de las leguminosas en los primeros años de la pastura tiene su aspecto positivo, también es cierto que conduce a pasturas de baja persistencia, ya que una vez incrementado el nivel de nitrógeno del suelo, mediante el proceso de simbiosis de las leguminosas, y teniendo en cuenta la vida corta de las mismas; la invasión de especies mejor adaptadas, pero menos productivas, termina dominando las praderas.

Carámbula (2004), señala que a medida que aumenta la edad de una pastura, esta se vuelve más estable pero menos productiva debido a una menor cantidad y calidad del forraje, así como a una menor uniformidad en el volumen y entrega del mismo.

Con respecto a los aspectos involucrados en el proceso de degradación, Carámbula (2004), menciona cuatro factores: aumentos progresivos en la densidad de macollas, las cuales a su vez presentan pesos individuales menores y sistemas radiculares más superficiales; acumulación progresiva de un mantillo "alfombra o felpudo" de materia orgánica sobre el horizonte superficial del suelo; desarrollo de un horizonte superficial del suelo compactado principalmente por pisoteo y una mayor sensibilidad a los períodos de déficit hídrico; incrementos en el número de áreas de sitios vacíos que promueven un grado de enmalezamiento

mayor y un aumento en la población de gramíneas ordinarias, generalmente gramilla.

Esto concuerda con lo descrito por Bates (1948), quien afirma que al pasar los años de la pastura se genera un número cada vez mayor de macollos y una acumulación de material radicular, esto genera condiciones de hacinamiento y, por lo tanto, pérdida de vigor en las gramíneas, generando rendimientos decrecientes después de un comienzo vigoroso. Este autor propone estos dos factores (aumento de la densidad de macollos y acumulación de materia radicular) como principales causas de la disminución del rendimiento de las pasturas.

Vega (1983), establece como principales factores la acumulación de restos vegetales y raíces en los primeros centímetros del suelo, lo cual origina una trama que dificulta la penetración de agua, el intercambio de oxígeno con la atmósfera y la movilización de nutrientes; la retención e inmovilización progresiva del nitrógeno en el suelo y por último, la evolución de la estructura del suelo, la cual va sufriendo un proceso de compactación, provocada principalmente por el pisoteo de los animales en pastoreos. También aclara que estos factores tendrán mayor o menor entidad, según se emplee un mal o buen manejo de la pastura respectivamente.

2.5.1 Vías de degradación de pasturas

Según Carámbula (2004), cuando la estabilidad aparente de las pasturas establecida es alterada por factores ambientales y de manejo, la vegetación puede dirigirse en diferentes direcciones, fundamentalmente de acuerdo con el banco remanente de material genético presente en el tapiz, como se muestra en la figura No. 1.

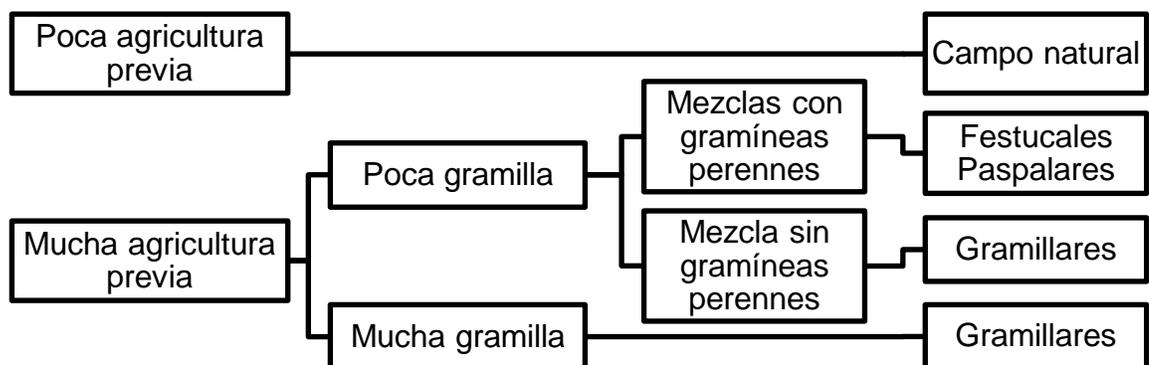


Figura No. 1. Vías de degradación de pasturas

Fuente: tomado de Carámbula (2004).

La tendencia que tienen las leguminosas a desaparecer originará pasturas de diferentes características según el tipo de suelo e historia previa del potrero y constitución e implantación de la mezcla. En función de esto, se pueden distinguir tres situaciones contrastantes de degradación: evolución a campo natural, evolución a dominancia de gramíneas perennes, principalmente festuca, evolución hacia la dominancia de gramilla (UdelaR. FA, 1997).

2.5.1.1 Evolución hacia campo natural

Este proceso ocurre en aquellos suelos que no tienen historia agrícola previa, tales como en las regiones ganaderas donde la praderas se instalan sobre campo natural o con muy pocos cultivos previos generalmente algún verdeo invernal (UdelaR. FA, 1997).

En las regiones de ganadería extensiva donde las mejoras son sembradas sobre campo nativo o en chacras con muy pocos años de agricultura, las pasturas tienden a evolucionar hacia el tapiz primitivo (Carámbula, 2004).

A su vez, García et al. (1981), mencionan que esta evolución hacia el tapiz original se registra más rápido cuanto más alta sea la frecuencia de géneros nativos agresivos como *Axonopus* y *Paspalum* en suelos arenosos y *Stipa* sp. en suelos pesados, cuanto más incompleta haya sido la preparación del suelo y cuanto más equivocado haya sido el manejo de la pastura sembrada.

Vega (1983), menciona también que las praderas instaladas sobre campo natural presentan una regresión al mismo, tanto más rápida cuanto más agresiva sean las especies nativas.

2.5.1.2 Evolución hacia la dominancia de gramíneas perennes

Cuando la siembra de una pastura en un suelo fértil ha sido exitosa y desde la implantación se ha logrado un buen balance entre gramíneas y leguminosas, es muy probable que la vegetación evolucione, luego de un aporte importante por parte de las leguminosas, hacia un dominio neto de las gramíneas perennes introducidas, dado que estas se han implantado bien a la siembra, única oportunidad que tienen para hacerlo, ya que en estas especies la autorresiembrado es totalmente ineficiente (Carámbula, 2004).

García et al. (1981), definen el “festucal” como consecuencia de fracasos en las resiembras naturales y posterior reclutamiento de plántulas de las leguminosas, por falta de manejos apropiados que las promuevan.

Carámbula (2004), agrega que la gramínea perenne es favorecida por el incremento de la fertilidad producto de la fijación biológica de nitrógeno por parte de las leguminosas y por el manejo desacertado del pastoreo, por lo cual tiende a endurecerse y a formar maciegas que son rechazadas por los animales.

En los casos en que el suelo posea una buena población de partes vegetativas de *Paspalum dilatatum*, esta especie tiende a prosperar en la pastura, dando lugar a un “paspalar” (Carámbula, 2004).

2.5.1.3 Evolución hacia la dominancia de gramilla

Las regiones del litoral y litoral-Sur del país, por su previa y actual intensidad de uso del suelo en explotaciones agrícolas y lecheras, tienen un alto grado de infestación de gramilla. La instalación de praderas permanentes sobre chacras que conservan rizomas y estolones capaces de regenerarse trae como consecuencia más o menos en general, la sustitución de la pradera por un gramillar (UdelaR. FA, 1997).

Carámbula (2004), menciona que la evolución de las pasturas hacia gramillares se debe fundamentalmente a diversas causas entre otras deben citarse la mala implantación de la pastura, la escasez de gramíneas perennes, tanto invernales como estivales en las mezclas forrajeras sembradas, la utilización generalizada de mezclas forrajeras formadas solo por leguminosas o asociadas, tanto con raigrás anual como con gramíneas perennes a bajas densidades, y el manejo de pastoreo desacertado, particularmente en los meses de verano.

2.6 RENOVACIÓN DE PASTURAS DEGRADADAS

El término “renovación de pasturas” se refiere genéricamente al conjunto de técnicas aplicadas con los objetivos de mantener y/o restablecer la productividad en base a la restauración del vigor de las especies originales y/o el balance mediante la resiembra de nuevas plantas. Implica una diversidad muy grande de técnicas (herbicidas, quema, laboreos, etc.) que se combinan según cada situación particular (García et al., 1981).

Keim (2009), utiliza el término de rehabilitación de pasturas y lo define como un proceso mediante el cual se incorporan semillas de especies de alto valor forrajero y fertilizante, en un sector en que las especies de bajo valor forrajero son dominantes, alterando escasamente la vegetación residente.

Carámbula (2004), menciona que la renovación de pasturas degradadas cumple un rol importante, ya que con las caídas de producción que se dan a partir

del tercer año, para mantener poblaciones agronómicamente deseables de leguminosas, estas especies deberán ser reimplantas periódicamente mediante resiembras naturales, incrementando por manejos adecuados el banco de semillas del suelo, o por intersiembra.

Los objetivos de la renovación difieren según el grado de degradación que presente cada pastura, en referencia a esto, García et al. (1981), mencionan que a la renovación se la puede considerar desde tres puntos de vista:

a) Como una medida normal de manejo, principalmente a partir del momento en que la pradera descende su productividad, por ejemplo, laboreos superficiales para favorecer la reimplantación.

b) Como una medida correctiva en pasturas que ya presentan un grado avanzado de degradación, como puede ser la corrección de una pastura infestada de gramilla.

c) Como forma de suplementar pasturas con estaciones marcadamente deficitaria.

Según Carámbula (1996), antes de decidir el momento de renovar o revitalizar el mejoramiento se deben efectuar observaciones que permitan diagnosticar en forma clara y precisa el estado actual que presenta la pastura. A tales efectos se deben considerar aspectos relacionados a la composición botánica (presencia de especies introducidas, malezas) así como a condiciones del suelo (fertilidad, compactación) y cualquier otro dato que aporte conocimiento para determinar cada situación.

Según Spain y Gualdrón (1991), los objetivos generales de la renovación son: crear un sistema estable de producción de forraje; restaurar el vigor, la calidad y la productividad de una pastura; eliminar las malezas presentes; aumentar la cobertura del suelo para protegerlo; incrementar las poblaciones de especies deseables; introducir nuevas especies en la pastura o complementarla con ellas.

Dentro de las ventajas que presenta la renovación de praderas en comparación al sistema de siembra tradicional, Torres y Cisternas, citados por Keim (2009), destacan un menor costo de establecimiento; una rápida respuesta en producción de forraje y utilización; una menor alteración de las características químicas del suelo; y disminución el riesgo de erosión.

Con respecto a esto Pérez (2014), indica que la renovación hace posible recuperar la capacidad de producción de forraje e incrementar la capacidad de

carga, trayendo como impacto positivo la producción de carne o leche de un animal y por ende trayendo mayor rentabilidad en la inversión inicial.

Arrospide y Cernoi, citados por Bottaro y Cuadro (2000), señalan como limitantes de esta técnica, a la fase de implantación y al logro de una estabilidad en la fase productiva de las leguminosas incorporadas.

2.6.1 Renovación por control del tapiz e intersiembra de especies

Noya (1990), define la intersiembra de pasturas como una metodología de implantación de especies forrajeras sobre un tapiz natural o praderas deprimidas con fines de producción de pasturas con menor estacionalidad, más productivas y equilibradas.

2.6.1.1 Condiciones a la siembra

Risso (2005), señala que la humedad disponible es posiblemente el factor principal durante la germinación y emergencia y que las especies sembradas comienzan su crecimiento radicular y aéreo en un ambiente poco favorable. Por eso, asegura que la época de siembra más favorable es el otoño, luego de restablecida la humedad de los suelos.

Bermúdez et al. (1996), consideran que la etapa de germinación e implantación de las especies a introducir es crítica, ya que la alta mortalidad de plántulas se debe a la acción de varias causas, como competencia por el tapiz ya establecido, así como la depredación, la ocurrencia de enfermedades y plagas, microorganismos o sustancias alelopáticas.

Con respecto a esto Álvarez y Apolinario (2012), evaluando dos mezclas forrajeras utilizadas en la renovación de pasturas degradadas, una primera mezcla compuesta por *Lolium multiflorum*, *Avena byzantina* y *Trifolium pratense*, y otra mezcla compuesta por *Bromus catharticus* y *Trifolium pratense*; observaron que debido a una época de siembra tardía y condiciones ambientales poco favorables, las especies introducidas en la renovación no pudieron implantarse de forma correcta, ya que presentaron un bajo vigor y por lo tanto no pudieron competir con el tapiz, dominado por *Trifolium repens* y malezas, las cuales aprovecharon con más eficiencia la fertilización. Dado esto, concluyen que en el caso de siembras tardías sería necesario modificar la tecnología apostando por un control del tapiz mediante el uso de herbicidas. A su vez, añaden que el fracaso en la implantación de las especies de la renovación provocó una alta proliferación de malezas.

Con respecto a esto Formoso (2007), evaluando la implantación de diferentes especies forrajeras sobre suelos compactados, menciona que *Lolium multiflorum* fue la única especie que no alteró la performance debido a la compactación del suelo. Las especies con mayores depresiones en rendimiento a causa de la compactación fueron *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus* y *Medicago sativa* con un porcentaje de depresión de 91%, 80% y 92% respectivamente.

Tanto la interseembra como las coberturas son técnicas que deben ser utilizadas en suelos con limitaciones en su uso agrícola y suelos no agrícolas donde puede usarse maquinaria. Las dos opciones mejoran el tapiz sin provocar alteraciones graves (Noya, 1990).

2.6.1.2 Control del tapiz

Según el grado de cobertura ejercido por el tapiz, este puede ejercer efectos de protección o de competencia favoreciendo o perjudicando el crecimiento inicial de las plántulas (Carámbula, 1996).

Los tapices abiertos en épocas tempranas favorecen una rápida instalación, la misma situación en épocas tardías resultaría desfavorable al dejar demasiado expuestas las plántulas a bajas temperaturas (Carámbula et al., 1994).

Carámbula et al. (1994), señalan que existen numerosos métodos para efectuar la preparación o acondicionamiento del tapiz previo a la siembra y la aplicación de unos u otros depende, entre otros, del tipo y cantidad de vegetación presente, de la pedregosidad y del nivel de fertilidad.

En cuanto al manejo del pastoreo para el control del tapiz Carámbula (1996), señala que el objetivo es limitar la cobertura vegetal y la competencia al momento de la siembra y en los primeros estadios luego de la misma. Además, se debe permitir la efectiva llegada de la semilla al suelo y generar nichos adecuados.

Raybrun et al., citados por Bottaro y Cuadro (2000), analizaron la instalación de leguminosas con y sin uso previo de herbicidas y señalan la necesidad de realizar un pastoreo intenso como paso previo a la aplicación para lograr una buena instalación. Los resultados que obtuvieron del pastoreo fueron mejores en los tratamientos con herbicidas en comparación a los tratamientos de pastoreo sin herbicidas.

Con respecto a la intensidad del pastoreo Risso (2005), menciona que pastoreos continuos en baja dotación, promueven un tapiz denso y cerrado que no favorece el contacto semilla-suelo. Sin embargo, aclara que no se requiere un arrase extremo del tapiz, ya que cierta altura del remanente favorece un mayor número de plántulas al disminuir la desecación de la semilla y proteger la plántula de fríos intensos. Una altura de 3 cm aproximadamente, sería adecuada para favorecer el establecimiento.

Los pastoreos con altas cargas continuas por lapsos prolongados llevan a que la vegetación tome un porte postrado, con las hojas sobre el suelo, que impediría la llegada de la semilla al suelo y no ejerce protección contra la desecación y bajas temperaturas (Risso, Carámbula et al., Millot, Risso y Berretta, citados por Risso y Berretta, 1996).

Según Carámbula et al. (1994), existe un comportamiento diferencial entre leguminosas y gramíneas respecto a diferentes niveles de debilitamiento del tapiz, mientras que las leguminosas se ven favorecidas por pastoreos intensos, las gramíneas se ven favorecidas por el uso de herbicidas.

Carámbula (1996), recomienda efectuar tratamientos de debilitamiento mediante pastoreos intensos en verano y principios de otoño.

Otro método para el control del tapiz es la quema del mismo, con respecto a esto Fernández et al., citados por Álvarez y Apolinario (2012), mencionan que la quema es un método muy agresivo para eliminar la competencia del tapiz, y se utiliza en casos en que la pastura este endurecida, cuando otros métodos no tengan efecto (pastoreo y herbicidas).

Larrosa et al. (1996), estudiando la quema como herramienta en el establecimiento de pasturas en cobertura, analizaron los efectos de la quema comparado con tratamientos de corte. En este trabajo concluyen que la mayor implantación ocurre sobre restos secos y la menor sobre material verde. Aseguran que una quema moderada mantiene un adecuado porcentaje de restos secos y por lo tanto mayores cantidades de sitios seguros para la implantación. En el mismo trabajo, observaron que sobre la quema la superficie de suelo descubierto ofreció menos sitios seguros de establecimiento que con el corte.

Otro método disponible, es el control del tapiz mediante el uso de herbicidas. Según Berretta y Formoso, citados por Risso y Berretta (1996), con el uso de herbicidas la reducción de la competencia del tapiz existente es mayor que la lograda por el pastoreo, ya que las plantas deben reconstruir totalmente su área foliar, mientras que el pastoreo solo retrasa el rebrote.

Bottaro y Cuadro (2000), estudiando la renovación de pasturas engramilladas señalan que es posible la renovación parcial de praderas, con niveles de infección de gramilla importantes, a través de aplicaciones únicas de glifosato en otoño. De este modo, luego de realizada la aplicación de herbicida se produce un aumento de leguminosas, las cuales incrementan su presencia, principalmente a través del reclutamiento de nuevas plantas, provenientes del banco de semillas existente en el suelo.

Cianelli y Ottonello (1998), analizando la siembra en cobertura de gramíneas, observaron que la aplicación de herbicidas, así como la siembra a zapata, favorecieron en forma significativa el desarrollo de las gramíneas sembradas, presentando estas un mayor porcentaje de área cubierta. Dentro de las especies, raigrás presentó el mayor porcentaje de área cubierta.

Carámbula (1996), menciona la necesidad de que entre la época de aplicación del herbicida y la siembra transcurra un período de tiempo prudencial, que permita una mayor descomposición de la vegetación muerta y un mejor contacto semilla-suelo, ya que de lo contrario puede registrarse un efecto negativo.

Respecto a esto Carámbula (2004), señala que la aplicación de un herbicida puede conducir a ciertos aspectos negativos como: baja entrega de forraje a corto plazo, la promoción de gramíneas anuales improductivas, la demanda elevada e inmediata por nitrógeno dado el exceso de raíces en descomposición y muertas, y la presión de enfermedades y plagas sobre las plántulas sembradas o reclutadas, único material verde presente en la pastura, entre otros.

Ferenczi et al. (1997), estudiando el establecimiento y producción de mejoramientos de campo bajo distintas dosis de herbicida, concluyen que para las leguminosas no pudo demostrarse ningún tipo de respuesta a los herbicidas en términos de número de plántulas/m², evidenciándose en el vigor efectos favorables como plántulas de mayor peso, y desfavorables como la disminución de la nodulación de las mismas. A su vez, aclaran que el escaso tiempo entre la aplicación del herbicida y la siembra, pudo haber impedido posibles respuestas de las leguminosas al control químico. Por otra parte, señalan que en contraste con las leguminosas la festuca tuvo una respuesta importante al control químico del tapiz.

Por último, se pueden mencionar métodos mecánicos para controlar el tapiz. Risso (1991), afirma que con laboreos mecánicos se logra una disminución de la competencia, se favorecen los nichos asegurando un mejor contacto de la semilla con el suelo y se obtiene una mayor mineralización de la materia orgánica.

2.6.1.3 Importancia de la fertilización

Según Carámbula (1996), el no elevarse el nivel del fósforo al adecuado es una de las causas de la mala implantación en pasturas, además menciona que la ausencia de refertilizaciones es una de las causantes de la falta de persistencia de la pastura, así como de no crear un mejor ambiente para la inclusión por intersemebra de gramíneas en una segunda etapa de los mejoramientos.

Carámbula (2004), señala que la respuesta a la refertilización fosfatada por parte de cualquier pastura varía de acuerdo con la condición en la cual se encuentra la misma y añade que la respuesta a la sola refertilización fosfatada se presenta cada vez menor a medida que aumenta la edad de una pastura.

Keim (2009), estudiando el mejoramiento de una pradera permanente degradada a través del establecimiento de especies y de fertilización, obtuvo como resultado que durante el primer año de evaluación, la fertilización (fósforo, nitrógeno y potasio) no produjo cambios significativos en la composición botánica, pero sí un aumento en el rendimiento de las especies presentes. Este mismo autor señala también, que la fertilización en una pradera naturalizada y la siembra de especies de alto valor forrajero lograron un incremento en la producción de materia seca.

Carámbula (1996), señala que el establecimiento de las leguminosas se ve notoriamente favorecido por la fertilización fosfatada, sin embargo, se nota claramente que existen diferencias importantes entre especies, mientras el género *Lotus* muestra una gran eficiencia en la utilización de ese nutriente a bajas concentraciones, el trébol blanco requiere una disponibilidad más alta.

Carámbula et al. (1994), mencionan que en general se destaca un diferente comportamiento entre leguminosas y gramíneas. Si bien *Lotus Corniculatus* y *Trifolium Repens* manifiestan respuestas positivas a niveles crecientes de fertilización fosfatada inicial, raigrás no registra incrementos en rendimientos de forraje a niveles de fertilización superiores a 30 kg/ha⁻¹ de P₂O₅.

2.7 MANEJO DEL PASTOREO

Un buen manejo del pastoreo tiene dos objetivos principales. El primero de estos consiste en producir una cantidad máxima de forraje, con la mayor calidad posible. El segundo objetivo es asegurar que la mayor cantidad posible de alimento producida sea comida por el animal en pastoreo. Esto implica la combinación exitosa de dos sistemas biológicos (plantas y animales) muy

diferentes, pero interdependientes, de manera tal, de obtener el mejor uso del forraje producido sin perjudicar la producción de la pastura (Smetham, 1981).

2.7.1 Factores para lograr un equilibrio planta-animal

La manera como se pastorea una pradera, o sea, la intensidad y frecuencia de defoliación y la selectividad de los animales en pastoreo, desempeña un rol muy importante en la permanencia y productividad de una pradera (Clarke, 1983).

2.7.1.1 Carga animal

La carga animal se define como la cantidad de terreno en relación a cada animal por un período específico de tiempo. La meta es conjuntar una carga animal y una presión de pastoreo que permita optimizar la producción animal y de forraje, así como mantener el vigor de las plantas a largo plazo (Núñez et al., s.f.).

Siempre que la producción animal no descienda por debajo de un nivel razonable, un aumento de la dotación (más animales por hectárea) produce un aumento de la producción por hectárea. Sin embargo, al aumentar la dotación más allá de un cierto punto, se puede observar una disminución de la producción por hectárea, inmediatamente a continuación de una caída acelerada de la producción por animal (Smetham, 1981).

Según Mott (1960), la menor cantidad de forraje que cada individuo obtiene al aumentar la carga, lleva a que el producto por animal disminuya con el transcurso del tiempo. Tal disminución es compensada por el incremento en producción por unidad de superficie. A medida que la carga sigue aumentando, la disminución de las ganancias por animal es de tal magnitud que también comienza a limitar la producción por hectárea, hasta un punto en el cual los animales solo disponen de forraje para cubrir sus requerimientos para mantenimiento.

En el cuadro No. 2 se muestran resultados de asignación de forraje (kg MS/100 kg PV) óptima, en la cual se prioriza la persistencia de la pastura y al mismo tiempo, la producción animal por unidad de superficie. Distintos trabajos, que se realizaron con mezclas similares (aunque variaron en la proporción de sus componentes), y para años y períodos distintos arrojaron asignaciones muy similares, suponiendo que el óptimo casi con total seguridad se encontrará entre 5 y 6% del peso vivo.

Cuadro No. 2. Resultados de asignación de forraje óptima desde el punto de vista de la persistencia de la pastura y de la producción animal, para distintos períodos, tipos y año de pastura

Fuente	Tipo de pastura	Año de la pastura	Período	Asignación óptima
Almada et al. (2007)	<i>L. perenne</i> , <i>T. repens</i> y <i>L. corniculatus</i>	1º.	26/7 al 1/12	4,5 – 5,6 %
Agustoni et al. (2008)	<i>L. perenne</i> , <i>T. repens</i> y <i>L. corniculatus</i>	2º.	4/6 al 23/11	5,6 – 6,8 %
Folgar y Vega (2013)	<i>F. arundinacea</i> , <i>L. corniculatus</i> y <i>T. repens</i>	3º.	11/6 al 15/11	5 – 6%
Nin Algorta et al. (2014)	<i>F. arundinacea</i> , <i>L. corniculatus</i> y <i>T. repens</i>	4º.	28/01 al 7/06	5,1%
Fontes y Umpiérrez (2015)	<i>F. arundinacea</i> , <i>L. corniculatus</i> y <i>T. repens</i>	5º.	8/1 al 23/04	4,7 %

En los trabajos realizados por Nin Algorta et al. (2014), se manejaron ofertas de forraje de 5,1; 7,7 y 12,8% del PV obteniéndose ganancias individuales de novillos Holando de 0,47; 0,51 y 0,49 kg PV.dia⁻¹ respectivamente y con producciones por hectárea de 114; 87 y 48 kg PV.ha⁻¹.

Por su parte Fontes y Umpiérrez (2015), trabajando con novillos Holando y con asignaciones de forraje de 3,4; 4,7 y 8,3% obtuvieron ganancias de 0,687; 0,770 y 0,896 respectivamente, mientras que las producciones por hectárea fueron 225; 183 y 120 kg PV.ha⁻¹.

Beretta et al. (2008), trabajando en verano sobre una pastura con asignaciones de forraje de 3; 6; 9 y 12 (kg MS/100 kg PV), obtuvieron ganancias de 0,261; 0,646; 0,670 y 0,650 kg PV.animal⁻¹.dia⁻¹. El hecho de que al aumentar la oferta más allá de 6% no aumenten las ganancias, esta explicado por limitantes derivadas de la pastura y porque los animales sufren estrés térmico debido a altas temperaturas y humedad relativa, que los llevan a reducir su consumo e incrementar los requerimientos de energía para mantenimiento por efecto de la termorregulación, afectando negativamente el balance energético animal.

2.7.1.2 Intensidad del pastoreo

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 solo 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, 2004). Según Langer (1981), esto se debe a que el tiempo transcurrido hasta que la pastura alcance el IAF crítico (momento en el que la pastura alcanza a interceptar el 95% de la radiación incidente, y tiene la máxima tasa de crecimiento) está determinado fundamentalmente por la altura hasta la cual la pastura ha sido previamente pastoreada, además de la época del año.

Langer (1981), reporta en pasturas 22 y 15 días para alcanzar el IAF crítico en verano para pastoreos con remanentes de 2,5 y 7,5 cm de altura respectivamente.

Carámbula (1996), señala que cada especie posee una altura mínima a la cual puede dejarse el rastrojo sin que el crecimiento posterior sea afectado desfavorablemente. Como recomendación general, las especies prostradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm.

Según Beguet y Bavera (2001), Gallarino (2010), leguminosas como *Medicago sativa*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, se adaptan más a defoliaciones severas (intensas) seguidas de períodos largos de descanso que permitan recuperar su área foliar y sus reservas.

Beguet y Bavera (2001), indican que las características de *Trifolium repens*, hacen que los animales no puedan comer los estolones (donde están las reservas), y además, las hojas viejas están en la parte superior de la pastura y después de la defoliación quedan hojas nuevas que son más activas en fotosíntesis, por lo que el manejo del pastoreo no sería tan crítico con respecto a las reservas. Sin embargo Carámbula (2004), señala que esta especie se ve afectada por manejos severos y exagerados. Lo más adecuado es aplicar manejos que permitan mantener plantas vigorosas que presenten mayor longitud y diámetro de estolones, mayor peso individual de las hojas, así como mayor proporción de hojas cosechables.

En gramíneas erectas, la altura de defoliación no solo afecta el IAF remanente, sino que también, en caso que esta altura sea baja, puede afectar el nivel de reservas si los animales consumen los hidratos de carbono en la base

de los macollos. Estas gramíneas no persisten bajo pastoreos intensos y continuos (Beguet y Bavera, 2001).

Matches, citado por Carámbula (2004), realizando trabajos con *Festuca arundinacea*, especie semierecta a erecta, observo que cuando se realizaban cortes cada 10 días dejando rastrojos de 2,5 cm morían todas las plantas, mientras que cuando se dejaban rastrojos de 6 cm, las plantas sobrevivían y ofrecían buenos rendimientos.

2.7.1.3 Frecuencia del pastoreo

Según Carámbula (2004), 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.

Si bien la frecuencia de utilización depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura y de la época del año en que aquella se realice, el elemento que determinará la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, aspecto que será demarcado en teoría por el IAF óptimo (Carámbula, 2004).

En caso de pastorear la pastura en un momento anterior al óptimo, se ocasiona un descenso en la producción de forraje, además de comprometer seriamente la productividad y longevidad futura de la planta, al impedirle la acumulación de reservas. De realizarse un pastoreo en un momento posterior al óptimo, se produce un descenso en la digestibilidad del forraje (Beguet y Bavera, 2001).

Trabajos realizados por Formoso, citado por Carámbula (2004), utilizando distintas frecuencias de pastoreo (30 y 60 días) sobre pasturas puras de *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*, encontró decrementos en la producción de forraje del 40%, 65% y 55% respectivamente, cuando se pastoreó cada 30 días comparado con 60 días, demostrando los diferentes grados de plasticidad morfofisiológica a las frecuencias de defoliación de las diferentes especies.

Brougham, citado por Carámbula (2004), propone que en pasturas con IAF óptimos bajos como aquellas dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento con defoliaciones más frecuentes (IAF 3) que en pasturas dominadas por leguminosas erectas (IAF 5) o por gramíneas erectas (IAF entre 9 y 10).

Dada la dificultad para determinar en la práctica el IAF óptimo para cada pastura, es posible que con alturas de alrededor de 25 cm se pueda realizar en general un buen aprovechamiento del forraje producido (Carámbula, 2004).

2.7.2 Factores de la pastura que influyen en el desempeño animal

Según Montossi et al. (2000), la cantidad del forraje, su valor nutritivo y la estructura de la vegetación a la que el animal tiene acceso, inciden decisivamente en su consumo, comportamiento y productividad en pastoreo.

2.7.2.1 Disponibilidad y estructura

Los factores que afectan el consumo pueden ser nutricionales y no nutricionales (Poppi et al., citados por Ganzábal, 1997). Los factores de origen nutricional están relacionados a las propiedades nutritivas de los alimentos, actuando cuando la oferta se aproxima al máximo que el animal puede consumir. Mientras que los factores no nutricionales se relacionan a la posibilidad física de cosecha (accesibilidad), actuando cuando la oferta es limitante respecto a la capacidad potencial de consumo. Los principales factores no nutricionales son: disponibilidad de forraje, altura de las plantas, estructura, densidad y composición del tapiz (Ganzábal, 1997).

La disponibilidad es el factor de mayor importancia y está directamente relacionada al volumen de forraje cosechado y consumido. Cuanto menor es la disponibilidad, menores son las posibilidades de acceder al alimento y de satisfacer las demandas nutricionales (Ganzábal, 1997). Respecto a esto Muslera y Ratera (1984), afirman que existe un nivel crítico de disponibilidad de forraje por debajo del cual el consumo disminuye rápidamente, para ganado vacuno este nivel es de 1100 a 2800 kg MS.ha⁻¹.

En las plantas forrajeras los atributos morfogenéticos determinan la arquitectura de la planta y afectan la accesibilidad de los animales al forraje. La morfología de las plantas individuales, a su vez, afecta la estructura y funcionamiento de las poblaciones y comunidades, determinando las interacciones competitivas entre las especies y entre individuos de una misma especie. El pastoreo altera esas relaciones competitivas al defoliar diferencialmente a las distintas especies, modificando la expresión de los mecanismos de rebrote, a favor de unas y en detrimento de otras. Esto acarrea a su vez, cambios en la composición botánica que pueden afectar la cantidad, calidad y estacionalidad de la producción de la pastura y, por consiguiente, la producción animal (Nabinger y De Faccio Carvalho, 2009).

Las variables del comportamiento ingestivo (profundidad de bocado; tasa de bocado; búsqueda y aprehensión; tiempo de pastoreo) son dependientes de las características estructurales del pasto (tamaño de hoja; densidad de macollos o estolones; y hojas vivas/macollo), las cuales afectan el desempeño individual del animal (Nabinger y De Faccio Carvalho, 2009).

Las características morfogénicas (elongación de la hoja; elongación del macollo o estolón; surgimiento de hojas; y duración de la hoja), a su vez, determinan la capacidad de carga de la pastura. El desempeño individual y la capacidad de carga serán las determinantes en la producción animal por hectárea (Nabinger y De Faccio Carvalho, 2009).

Hogdson, citado por García (1995), señala que las características estructurales del tapiz, particularmente altura y densidad, influyen sobre el consumo, principalmente a través de sus efectos en el consumo por bocado.

Según García (1995), hay varios factores que pueden afectar la estructura del tapiz:

- Tipo de pastura, pasturas con mayor presencia de gramíneas tienden a tener mayor densidad en estratos inferiores comparados con las pasturas con mayor proporción de leguminosas.
- Manejo del pastoreo, pastoreos continuos tienden a ser más densos que rotativos sobre todo en los estratos inferiores.
- Estación del año, afectando la relación hoja/tallo, contenidos de materia seca etc.
- Edad de la pastura, se asocia con cambios en la relación gramíneas/leguminosas, acumulación de restos secos, etc.
- Fertilidad.

El estrato inferior (0-5 cm) representa el forraje menos disponible para el animal, con alturas menores, el animal no tiene posibilidades físicas de cosechar la cantidad que necesita dentro del tiempo de pastoreo. Además este estrato es de notoria menor calidad de forraje (García, 1995).

2.7.2.2 Calidad

El contenido de fibra y proteína de una pastura, determinado químicamente es un índice de valor nutritivo. Las pasturas de alta calidad tienen una baja cantidad de fibra y cantidades elevadas de proteínas. Con respecto a esto, en el mismo estado de crecimiento las leguminosas son mejores que las gramíneas (Langer, 1981).

Según Raymond, citado por Smetham (1981), la mayoría de los autores consideran actualmente el nivel de digestibilidad (por lo menos, en el rango de 30-70% de digestibilidad) como el principal determinante del consumo de forraje de los rumiantes. Como la variación de la energía bruta del forraje es pequeña, por lo tanto, la digestibilidad es el determinante principal del valor del alimento (consumo de nutrientes) para el animal y de allí, de la producción animal posible con ese alimento.

La disminución de calidad se refiere principalmente a una reducción de la digestibilidad y el contenido de proteína bruta y un incremento del contenido de fibra. Las mayores tasas de producción están asociadas al estado reproductivo, cuando se forman los tallos, que a su vez es el momento en que comienza a declinar en mayor medida la calidad de la pastura (De León, 2007).

Para que una pastura mantenga una alta calidad, el manejo de pastoreo debe favorecer la presencia de porcentajes elevados de hojas verdes a lo largo de todo el año. Esto permitirá alcanzar porcentajes de digestibilidad comprendidos en un rango de 65 a 75%, dado que el alto contenido de hojas está relacionado básicamente con la presencia de poca pared celular y alto contenido celular (Carámbula, 2004).

De los constituyentes vegetales, los contenidos celulares son todos digeridos completa y rápidamente por los rumiantes. La celulosa, que es el principal componente de las paredes celulares (fracción "fibra"), y las hemicelulosas, componentes menores de estas, también son capaces de ser digeridas por la microflora del rumen. El grado en que esto ocurre depende de la forma en que las hemicelulosas están incorporadas con las celulosas en las paredes celulares, y de la cantidad de lignina depositada en las paredes celulares. Este material duro fortalecedor, lignina, depositado en las paredes celulares a medida que las plantas maduran, es de digestibilidad solo lenta, si es que se digiere. Así tanto el contenido de fibra como el de lignina, afectan la velocidad y conclusión de la digestión de la celulosa y hemicelulosas. El grado de lignificación depende del estado de madurez de la planta (Smetham, 1981).

Normalmente, el crecimiento vegetativo joven de una pastura es de digestibilidad alta, y solo en el caso de que las pasturas puedan crecer hasta alcanzar un estado cercano a la floración, la digestibilidad comienza a disminuir en forma notable (Smetham, 1981).

En el forraje de una pastura mixta, el desarrollo de la fibra cruda puede aumentar hasta alcanzar niveles mayores antes de que la digestibilidad

disminuya seriamente, pues la mayor digestibilidad de la leguminosa compensa el nivel inferior de las gramíneas (Smetham, 1981).

Si la digestibilidad es baja, se consumirá menos forraje y el animal puede ser incapaz de digerir lo suficiente en un tiempo dado como para proveer la cantidad de nutrientes suficientes para el mantenimiento y la producción (Smetham, 1981).

Respecto a esto Rodríguez (2005), menciona que forrajes groseros y de baja digestibilidad reducen el consumo, debido a que el rumen posee una capacidad limitada y los alimentos fibrosos permanecen en él un mayor tiempo impidiendo de esta manera el ingreso de otros. En cambio, la cantidad de materia seca consumida aumenta linealmente con el aumento de la digestibilidad hasta que la misma alcanza niveles del 80%, aunque cabe destacar que existen diferencias en el consumo de distintas especies con valores de digestibilidad equivalentes.

Según Carámbula (2004), si bien existen diferencias en el valor nutritivo entre gramíneas y leguminosas (estas últimas poseen más proteínas, ácidos orgánicos y minerales, y menos hidratos de carbono solubles) también las hay entre especies, cultivares y genotipos.

En cuanto a los factores extrínsecos que afectan el valor nutritivo, pueden citarse la temperatura, la intensidad de luz, y la disponibilidad de agua y nutrientes. Así, temperaturas altas y estrés por falta de humedad contribuyen a que en verano el forraje ofrecido presente menor calidad (Carámbula, 2004).

Las pasturas presentan baja calidad fundamentalmente a fines de primavera y verano, cuando en esa época se acumulan restos secos, debido a la presencia de tallos reproductivos, a la vida corta de las hojas y a la falta de bocas para utilizar el forraje antes de que envejezca. A partir de otoño comienza un ascenso progresivo de calidad hacia el invierno (Carámbula, 2004).

2.7.3 Factores del pastoreo que influyen en la pastura

2.7.3.1 Selectividad de la dieta

La selección de la dieta es el medio por el que el animal en pastoreo busca cubrir sus requerimientos nutricionales desde una pastura heterogénea, y puede ser considerada como una adaptación del comportamiento frente a variaciones en el medio ambiente nutricional. Bajo condiciones naturales, estas variaciones responden a dos orígenes: a la diversidad de especies de la pastura, que ofrecen un rango de valores nutritivos y hábitos de crecimiento, lo que afecta

su preferencia como forraje, y a la magnitud de la defoliación que se imponga, lo que influencia el patrón estacional de digestibilidad y la acumulación de material senescente de la pastura (Hardoy y Danelón, 1989).

Varios autores han definido el proceso de selección a dos niveles: sitio de pastoreo y localización del bocado durante el pastoreo. El sitio de selección se refiere a la selección a nivel horizontal a mayor escala (pequeñas comunidades vegetales dentro de un potrero), mientras que la selección a nivel de bocado se asocia a la selección individual del bocado en los planos horizontales o verticales a nivel de cada pequeña comunidad (por ejemplo: parches de pastoreo, Montossi et al., 1996).

Según Montossi et al. (1996), la dieta de animales en pastoreo usualmente contiene mayores proporciones de hoja y componentes vivos de la pastura y bajas de tallos y material muerto, que lo que es ofrecido por la pastura. Así mismo, en pasturas templadas, evidencias experimentales muestran que los animales seleccionan preferentemente leguminosas que gramíneas.

Es importante entonces, adaptar el manejo del pastoreo, teniendo en cuenta que las especies más nutritivas y gustosas para los rumiantes, serán consumidas con prelación, generando un desbalance que debe corregirse con un manejo adecuado de las pasturas en los tiempos de descanso y ocupación y de la presión de pastoreo (Tarazona et al., 2012).

Sin embargo, también existe información experimental que muestra que la dieta de animales fistulados en el esófago refleja la composición de los estratos superiores de la pastura, sugiriendo procesos no selectivos. El material muerto puede ser rechazado por los animales debido a su baja preferencia y su baja accesibilidad en la base de la pastura (Poppi et al., Vallentine, citados por Montossi et al., 1996). Lo contrario ocurre con el material vivo, que aparece en la dieta dada la facilidad de cosecha y de masticación del mismo. La distribución vertical de los componentes de la pastura influye en el valor nutritivo de la dieta cosechada por los animales, donde los componentes nutritivos más importantes (hojas verdes), se distribuyen en los estratos más altos de la pastura (Montossi et al., citados por Montossi et al., 1996).

Diversas características de la pared celular como su composición, estructura y gravedad específica, afectan la tasa de pasaje y el volumen ocupado en el tracto gastrointestinal, pudiendo ejercer un efecto de llenado que afecta el consumo y la selectividad (Lascano, Leng, Wilson y Kennedy, citados por Tarazona et al., 2012).

Lesperance et al. (1960), trabajando con novillos fistulados en una pastura compuesta por *Poa pratensis* y *Trifolium repens* y en otra por *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens*, hallaron que los primeros días, los animales estaban en la pastura consumían mayor proporción de *Trifolium repens* y a medida que avanzaba el período de pastoreo, la proporción de esta especie en el forraje decrecía, lo cual obligaba a los animales a consumir la gramínea.

Formoso, citado por Montossi et al. (2000), trabajando sobre ovinos en campo natural encontró que existieron diferencias significativas en la composición de la dieta entre estaciones para gramíneas invernales, gramíneas estivales y restos secos. Cuando este autor agrupó las gramíneas invernales y estivales en tipos productivos, según la clasificación de Rosengurtt, citado por Montossi et al. (2000), obtuvo diferencias significativas en la composición de la dieta entre estaciones para el tipo productivo tierno y ordinario.

2.7.3.2 Composición botánica

El pastoreo puede hacer variar no solo la productividad sino también la composición botánica de la pastura (Harris, Gillingham, citados por Carámbula, 1996), al reducir la superficie foliar y permitir la penetración de luz hacia los horizontes inferiores. De esta forma se ven favorecidas las especies más postradas y es bien conocido este comportamiento en pasturas de gramíneas y leguminosas donde el balance entre ambas familias puede ser modificado. Ello se debe a que las plantas difieren en sus respuestas morfológicas y fisiológicas al pastoreo y por lo tanto se presentan de forma distinta según los manejos sean aliviados o severos (Carámbula, 1996).

De acuerdo con Snaydon, citado por Carámbula (1996), el efecto más importante del pastoreo en la composición botánica es en la relación gramínea-leguminosa. Así los pastoreos frecuentes favorecen la proporción de leguminosas bajas y estoloníferas en detrimento de las erectas. Vickery, citado por Carámbula (1996), demostró que mientras manejos aliviados favorecen a las gramíneas de porte erecto, manejos intensivos promueven las especies postradas. Por su parte Carámbula (1996), expresa que las especies menos sensibles a una defoliación son las que presentan una mayor área foliar remanente de alta eficiencia fotosintética luego del pastoreo.

Los períodos de descanso prolongados y un crecimiento muy vigoroso de la gramínea producen mayores rendimientos de materia seca, pero deprimen a los tréboles más que los períodos de descanso más cortos y las gramíneas menos vigorosas (Langer, 1981).

Eventualmente, se alcanza un equilibrio algo similar a un 70% de gramínea y 30% (porcentaje de suelo cubierto) de trébol (Langer, 1981). Walker et al., citados por Langer (1981), han ofrecido pruebas de que esta no es una relación accidental sino una, que con pastoreos rotativos practicados 12 a 16 veces al año, alcanza una elevada producción uniforme de materia seca que surge de un equilibrio entre la fijación de N por el trébol, el N del suelo y el vigor de la gramínea.

2.7.3.3 Pisoteo

El sobrepastoreo contribuye a alterar el microambiente, principalmente a través del pisoteo (Carámbula, 2004).

Smetham y García, citados por Carámbula (2004), comentan que el pastoreo esta inevitablemente asociado a una depresión de la producción que resulta del daño mecánico a las plantas y al suelo causado por las pesuñas de los animales. Estas pueden dañar o destruir puntos de crecimiento, hojas, tallos, puede mover de lugar las plantas, si el suelo está muy húmedo pueden ocurrir daños a las raíces y además la destrucción de la estructura del suelo con la pérdida resultante a la permeabilidad, que también produce un menor crecimiento vegetal. La producción de forraje se afecta en el corto plazo dado que el rebrote se reduce por menor número de plantas, menor densidad de macollos y menor tasa de crecimiento.

Según Smetham (1981), la forma de la planta tiene gran influencia sobre la tolerancia, gramíneas con vástagos achatados tienen más tolerancia que las que tienen vástago cilíndrico, plantas rizomatosas son relativamente más tolerantes que estoloníferas, mientras que especies con corona elevada como el *Trifolium pratense* son más susceptibles.

Los efectos del pastoreo por ganado doméstico difieren en su magnitud, entendiéndose por tal a la intensidad y a la duración del efecto causado. Ambos son afectados o regulados por factores relacionados con el suelo, la vegetación y los animales. Los factores de vegetación son el volumen de biomasa sobre el suelo, su estructura o arquitectura, y la calidad del forraje ofrecido. Finalmente, los factores relacionados con los animales son varios. Puede citarse, entre ellos al tipo de animal (vacuno, ovino, etc.), su edad (por ejemplo, terneros, novillos, etc.), y finalmente la carga animal y la duración de los períodos de pastoreo y descanso (Taboada, 2007).

Edmond, citado por Carámbula (2004), trabajando con distintas cargas de 0; 12; 24 y 36 ovejas por hectárea, encontró que la producción de materia seca de la pastura era de 1980; 1760; 1750 y 1670 kg/ha respectivamente para

un suelo húmedo, y de 1980; 1420; 590 y 270 respectivamente para un suelo mojado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Localización y período experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía (Universidad de la República), en Paysandú (Uruguay), potrero No. 34 (Latitud S 32°22'31" Longitud W 58°03'46"), durante el período comprendido entre el 5 de febrero y el 28 de mayo del año 2019.

3.1.2 Información climatológica

Uruguay presenta un promedio de precipitaciones de 1200 mm anuales y una distribución de 30% en el verano, 28% en el otoño, 18% en invierno y 24% en la primavera (Durán y Préchac, 1985). Según Durán et al. (1999), la confiabilidad de la precipitación promedio sin embargo es bastante reducida debido a su gran irregularidad, habiéndose observado valores anuales extremos tan bajos como 600 mm (1916) y tan elevados como 1.785 mm (1914), lo que se refleja en la ocurrencia de sequías importantes alternadas con períodos de grandes excesos de lluvias, a veces concentrados en períodos breves. El verano presenta normalmente deficiencias de agua porque la evapotranspiración estival es muy elevada y porque la intensidad de las lluvias es mayor, lo que aumenta el escurrimiento y disminuye la infiltración. Este fenómeno está atenuado por el hecho de que en verano el suelo está más seco, lo que facilita la absorción de la lluvia.

Olmos (1997) cita trabajos del IICA. FSB, efectuados en la región mostrando que el coeficiente de variación en las precipitaciones, alcanzó muchas veces registros superiores al 100%. Al analizar 70 años de información local, se determinó que existe una gran variación “histórica” en las precipitaciones en los meses de verano y otoño.

Según Durán et al. (1999), desde el punto de vista térmico, el clima se define como templado a subtropical, en el extremo Sudeste la temperatura media anual es de 16 °C, la de enero (mes más cálido) de 22 °C y la de julio (mes más frío) de 11 °C; en el extremo Noroeste los valores son respectivamente 19, 27 y 14 °C. La amplitud térmica anual es del orden de 13 °C en la mayor parte del territorio.

3.1.3 Descripción del área experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976), el área experimental se ubica sobre la Unidad de suelos San Manuel, la cual pertenece a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos dominantes son Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosa. En asociación con estos se encuentran Brunosoles Éútricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

3.1.4 Antecedentes del sitio experimental

La fecha de siembra de la pradera fue el 23 de mayo de 2014. Se sembró *Festuca arundinacea* con una densidad de 15 kg/ha (cv. Tacuabé), *Lotus corniculatus* 8 kg/ha (cv. San Gabriel) y *Trifolium repens* 2 kg/ha (cv. Zapicán), se realizó un control de malezas en pre y post emergencia con flumetsulam y 2,4 DB. A la siembra la pastura fue fertilizada con 100 kg/ha de fertilizante 7-40-0 y luego se refertilizó en agosto de 2014 con 100 kg/ha de urea y se efectuó una refertilización con 100 kg/ha de 7-40-0 (otoño) y dos con 70 kg/ha de urea (otoño y primavera) en los años 2015 y 2016. El método de siembra empleado para las leguminosas fue al voleo, en cambio para las gramíneas se utilizó la siembra directa en líneas. La siembra de esta pradera fue hecha sobre rastrojo de una pradera mezcla de gramíneas y leguminosas perennes compuesta de *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa*, *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, y *Lotus corniculatus*.

Al inicio del experimento se cuantificó la producción inicial de materia seca y composición botánica de los tratamientos anteriores, no existiendo diferencias significativas entre los mismos.¹

El 6 de junio de 2018 se procedió a realizar la renovación de la pastura original con una intersembrado de una mezcla forrajera constituida por 15 kg/ha de *Lolium multiflorum* (cv. Winterstar II) y 6 kg/ha de *Trifolium pratense* (cv. LE 116). A la siembra de la misma se realizó un análisis de suelo que arrojó 10 ppm de P₂O₅, y 3 ppm de N-NO₃, se fertilizó con 100 kg/ha de 18-46-0 en los tratamientos correspondientes.

¹ Quintero, L.; Silva, F. 2019. Efecto de diferentes grados de intensificación en la respuesta de renovación de una pastura vieja (sin publicar).

El control del tapiz antes de la siembra se realizó por medio de pastoreo con animales, con una alta carga instantánea por períodos cortos de tiempo dejando remanentes de 5 cm. La mezcla se sembró en línea por medio de siembra directa. El 21 de junio se produjo la emergencia y el 6 de agosto se realizó una fertilización nitrogenada con urea a razón de 70 kg/ha en el tratamiento correspondiente.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.2.1 Tratamientos

Se realizaron 4 tratamientos con variables de intersiembra y fertilización de fósforo y nitrógeno:

- Tratamiento 0: sin intersiembra ni fertilización.
- Tratamiento 1: siembra de la mezcla de *Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense*.
- Tratamiento 2: siembra de la mezcla de *Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense* fertilizado con 100 kg/ha de 18-46-0 a la siembra.
- Tratamiento 3: siembra de la mezcla de *Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense* fertilizado con 100 kg/ha de 18-46-0 a la siembra y 70 kg/ha de urea en macollaje.

Las mezclas fueron pastoreadas con novillos de raza Holando, siendo asignados al azar 4 novillos por tratamiento, con un peso promedio inicial de 467 kg.

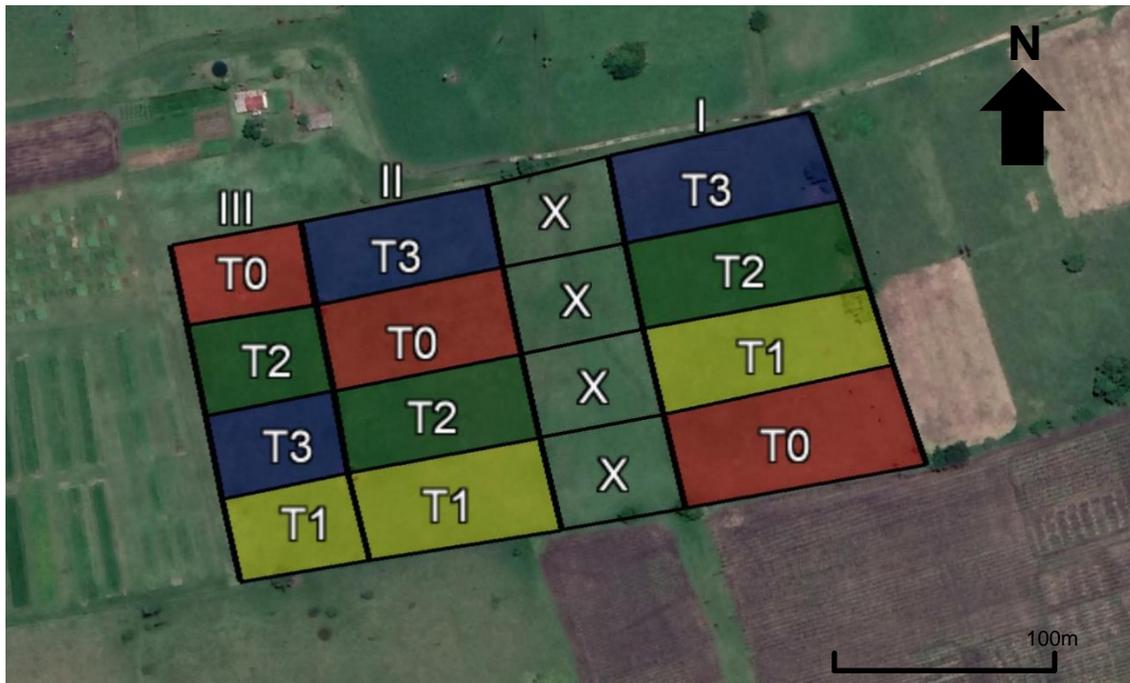
El método de pastoreo fue rotativo y el criterio tomado para el cambio de parcela fue cuando se alcanzaban 7 cm de las especies sembradas (aproximadamente 15 días), con una altura de ingreso de 20 cm (aproximadamente 30 días).

Se realizaron 2 períodos de pastoreo, el primero (momento 1) desde el 5/02/2019 al 27/03/2019, y el segundo (momento 2) desde el 27/03/2019 al 27/05/2019.

3.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar, en un área total de 4,4 hectáreas, la cual fue dividida en tres bloques (separados según pendiente), a su vez cada bloque fue dividido en cuatro parcelas, en donde el

área de la parcela en el bloque 1 es 0,45 ha, en el bloque 2 es 0,40 ha y en el bloque 3 es 0,25 ha, conteniendo cada una de ellas uno de los tratamientos antes mencionados distribuidos de forma al aleatoria, definiéndose 12 unidades experimentales.



I, II y III: bloques
T0, T1, T2 y T3: tratamientos
Figura No. 2. Croquis del sitio experimental

3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1 Variables determinadas

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para las mediciones de las variables de interés.

3.3.1.1 Disponibilidad de materia seca

Para medir la disponibilidad de la materia seca de forraje, se utilizó el método de doble muestreo propuesto por Haydock y Shaw (1975) modificando los puntos de la escala por la altura de la pastura (Barthram, 1986) para cuantificar distintos niveles de biomasa, ya que estos autores proponen 5 puntos de apreciación visual de la biomasa (más 2 repeticiones de cada punto), mientras que en este trabajo se realizaron 12 mediciones relacionando la materia seca con

la altura mediante regresiones entre ambas, de modo de obtener un resultado más fácilmente cuantificable a través de una regla.

Por lo tanto se hicieron 12 cortes por parcela a una altura de 1 cm del suelo (sin incluir el mantillo) con tijeras, en un marco de hierro de 20 x 50 cm (0,1 m²), midiendo previamente con regla la altura, haciendo un promedio de tres medidas, en donde el criterio era la hoja verde más alta en contacto con la regla. El criterio para seleccionar el sitio fue según una escala visual, en donde 1 es el lugar de menor cantidad de forraje y 12 el de mayor. Posteriormente esas muestras fueron etiquetadas y pesadas en base fresca, para después ser colocadas en una estufa de aire forzado por 48 horas a 60 °C, momento en el cual fueron pesadas nuevamente para obtener el dato de materia seca. Con esta información se realizaron regresiones de primer grado ($Y=\beta_0+\beta_1X$) con los 12 datos de los cortes.

Se hicieron 40 mediciones de altura con regla por cada parcela recorriéndola en su diagonal con el sitio de muestreo dispuesto en forma sistemática. Se colocó en la ecuación de regresión como término independiente el dato promedio de las 40 mediciones de altura. Esto dio como resultado una aproximación a la disponibilidad de materia seca que hay en cada parcela.

Luego de esto, el dato se ajustó teniendo en cuenta el crecimiento durante el período de pastoreo, obteniendo de esta forma el forraje disponible para los animales.

3.3.1.2 Materia seca desaparecida

Corresponde a la materia seca desaparecida durante el pastoreo. Es la diferencia entre el forraje disponible al inicio del pastoreo y el forraje remanente de materia seca ajustado por la tasa de crecimiento durante el periodo del pastoreo (Campbell, 1966).

3.3.1.3 Composición botánica

La composición botánica fue estimada por apreciación visual como la proporción de la biomasa de cada una de las fracciones: gramíneas perennes de valor forrajero (principalmente *Festuca arundinacea*, así como *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Bromus catharicus*); *Lotus corniculatus*; *Trifolium repens*; *Trifolium pratense*; *Lolium multiflorum*; malezas (mayoritariamente gramíneas C4 y en menor proporción otras especies como *Sida* spp. e *Histerionica pinnatifida*) y restos secos. Este conjunto de fracciones componen el forraje disponible. También se registró el porcentaje de suelo descubierto en forma independiente de las fracciones anteriores. En este experimento se utilizó

el método propuesto por Brown (1954), en donde se realizaron 40 estimaciones sistemáticas por parcela con un marco de hierro de 20 x 50 cm para luego promediar las estimaciones.

3.3.1.4 Producción de forraje

La producción de forraje, expresada en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS, es la diferencia entre el disponible al momento de ingreso de los animales y el remanente del pastoreo anterior, sumando el crecimiento durante el pastoreo, utilizándose la fórmula de Campbell (1966).

3.3.1.5 Oferta de forraje

Se define como la cantidad de forraje ofrecido en kg de materia seca por cada 100 kg de peso vivo animal por día. Se estimó en base a la cantidad de forraje disponible y al peso vivo de los animales promedio.

3.3.1.6 Ganancia media diaria

Se calcula dividiendo la producción de peso vivo total entre los días de duración del experimento por animal.

3.3.1.7 Eficiencia de conversión

Son los kg de materia seca desaparecidos por cada kg de peso vivo producido.

3.3.1.8 Producción de peso vivo

Es la diferencia entre el total de peso vivo final y el total de peso vivo inicial para el peso promedio de los 4 animales de cada tratamiento.

3.4 HIPÓTESIS

3.4.1 Hipótesis biológicas

- 1) El grado de intensificación de los factores de producción de la renovación de la pastura, tiene efecto positivo sobre la producción de materia seca.
- 2) El grado de intensificación de los factores de producción de la renovación de la pastura, tiene efecto positivo sobre la composición botánica.

- 3) El grado de intensificación de los factores de producción de la renovación de la pastura, tiene efecto positivo sobre la producción de carne.

3.4.2 Hipótesis estadísticas

Ho: $T_0=T_1=T_2=T_3=0$

Ha: existe al menos una diferencia entre el efecto de los tratamientos en las variables estudiadas.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables medidas se analizaron por medio del análisis de varianza y separación de medias (Test de Tukey). El nivel de significancia utilizado fue de 10%. La información se procesó mediante el paquete estadístico INFOSTAT.

3.5.1 Modelo estadístico para la producción vegetal

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \alpha_j + (T\alpha)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk} \quad \text{con } \varepsilon_{ijk} \text{ iid } \sim N(0; \sigma^2)$$

Donde:

$i = 0; 1; 2; 3$ tratamientos.

$j = 1; 2$ momentos de pastoreo.

$k = 1; 2; 3$ bloques.

Y_{ijk} – es el valor de la variable de respuesta del i -ésimo tratamiento, en el j -ésimo momento de pastoreo y k -ésimo bloque.

μ – media poblacional.

T_i – efecto tratamiento ($T_0; T_1; T_2; T_3$).

α_j – efecto del momento de pastoreo ($\alpha_1; \alpha_2$).

$(T\alpha)_{ij}$ – interacción tratamiento*momento de pastoreo.

β_k – efecto del bloque ($\beta_1; \beta_2; \beta_3$).

ε_{ijk} – error experimental.

3.5.2 Modelo estadístico para la producción animal

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

Donde:

$i = 0; 1; 2; 3$ tratamientos.

Y_{i1} – es el valor de la ganancia de peso del i -ésimo tratamiento.

μ – media poblacional.

β_1 – covarianza del peso inicial.
 T_i – efecto tratamiento (T0; T1; T2; T3).
 ε_{i1} – error experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

A continuación se presenta el promedio de precipitaciones históricas registradas en el período 1961-1990 por INUMET para el departamento de Paysandú, comparado a las precipitaciones ocurridas en el período estivo-otoñal del 2018-2019, registrado en la estación meteorológica de la EEMAC (Latitud: S 32° 22' 41" Longitud: O 58° 03' 50").

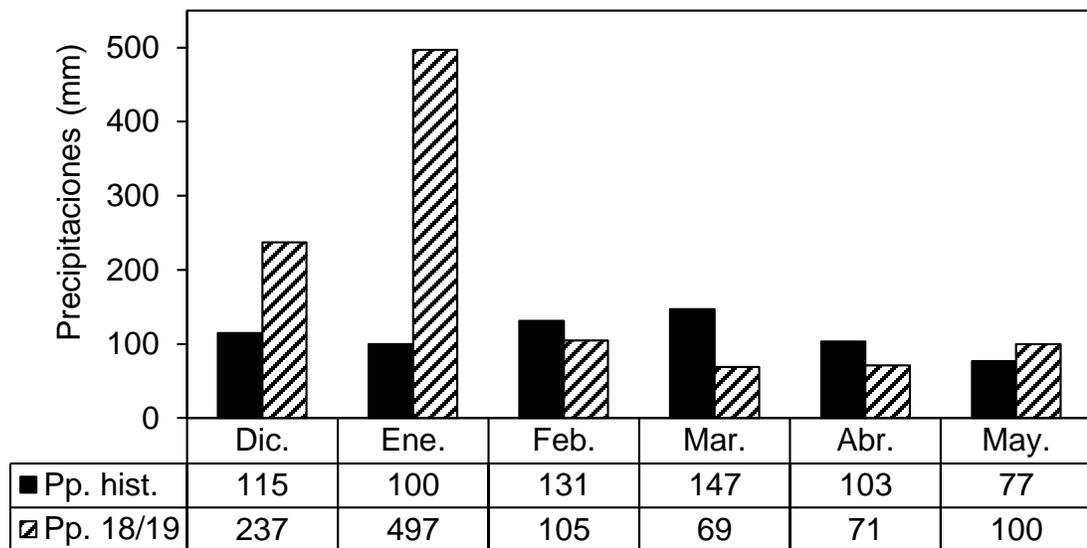


Figura No. 3. Registro mensual para el departamento de Paysandú de las precipitaciones promedio históricas (1961-1990) y las precipitaciones ocurridas antes y durante el período experimental

Como se puede observar en la figura No. 3, en diciembre y enero ocurrieron precipitaciones muy por encima de la media histórica, el experimento comenzó con precipitaciones cercanas a la media, mientras que marzo y abril fueron menores a esta y mayo tuvo precipitaciones mayores a la media. Sin embargo como ya se mencionó, es esperable que ocurran estas variaciones de la precipitación entre meses en la región.

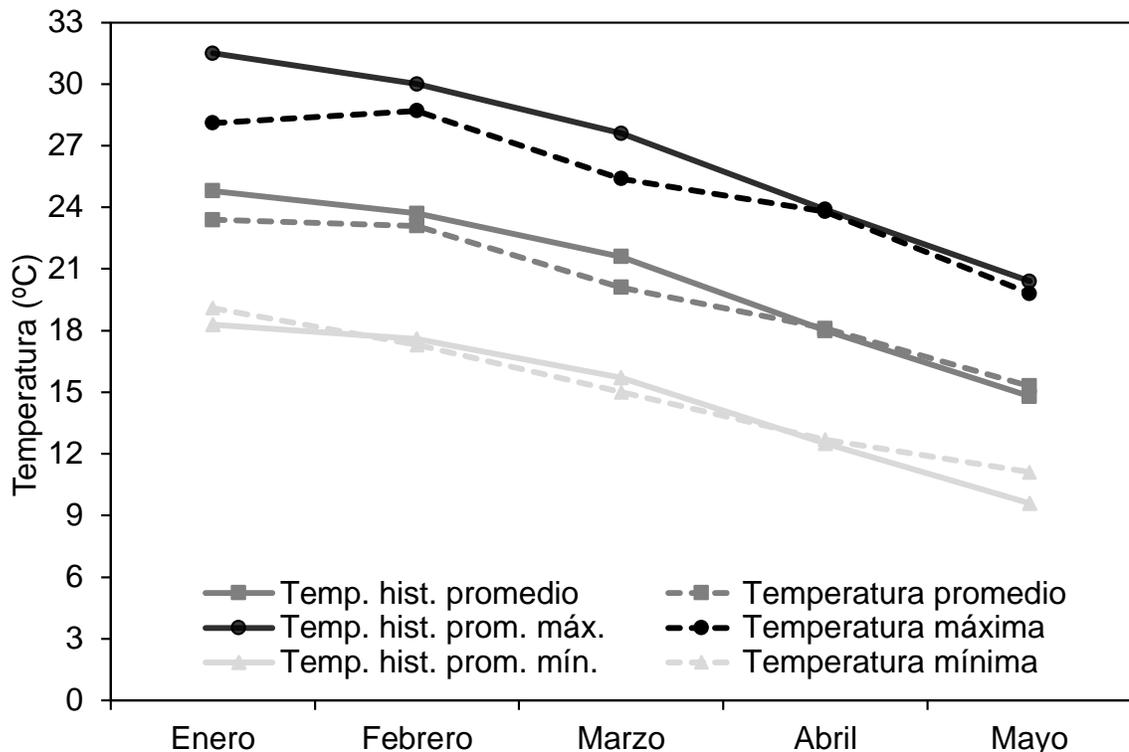


Figura No. 4. Registro mensual de las temperaturas históricas (1961-1990) y las temperaturas ocurridas en el período experimental para el departamento de Paysandú

Como se observa en la figura No. 4, las temperaturas durante el verano estuvieron por debajo de la media histórica, principalmente las temperaturas máximas, mientras que en otoño no hubo diferencias importantes.

Según Carámbula (2002), las especies con metabolismo C3 como *Lolium* spp. y *Trifolium pratense*, se desarrollan mejor con temperaturas de 15°C a 20°C, por lo que durante el experimento las temperaturas serían propicias para el desarrollo de las especies intersebradas, estas temperaturas ocurridas no debieron ser limitantes para el crecimiento de estas especies.

A través del registro de precipitaciones (Pp.) y evapotranspiración potencial (ETP) se calculó el balance hídrico desde diciembre a mayo de 2019 (cuadro No. 3). Mediante éstos se calculó el almacenaje de agua en el suelo (Alm.) y la evapotranspiración real (ETR), teniendo en cuenta que en los suelos de estas características el agua potencialmente disponible neta es de 80 mm (Molfino y Califra, 2001). Se calcularon los períodos de excesos (Exc.) y déficit hídricos (ETP-ETR). Se tomó como punto de referencia el 40% del agua potencialmente disponible neta (APDN), debido a que por debajo de este

porcentaje se dificulta la absorción de agua por parte de las plantas (García Petillo, 2012), este valor corresponde a 32 mm de agua almacenada.

Cuadro No. 3. Balance hídrico meteorológico para el periodo experimental

	Pp. (mm)	ETP	P-ETP	Alm.	Variación de alm.	ETR	ETP-ETR (mm)	Exc. (mm)
Nov.				0/80				
Dic.	237,2	147,5	89,7	80,0	80/0	147,5	0,0	9,7/89,7
Ene.	496,6	112,6	384,0	80,0	0,0	112,6	0,0	384,0
Feb.	104,6	126,9	-22,3	60,5	-19,5	85,1	41,8	0,0
Mar.	69,0	99,4	-30,4	41,4	-19,1	49,9	49,5	0,0
Abr.	70,6	75,7	-5,1	38,8	-2,6	68,0	7,7	0,0
May.	99,7	50,3	49,4	80,0	41,2	50,3	0,0	8,2

En los meses de diciembre y enero el suelo se encontró a capacidad de campo, lo cual se corresponde a las altas precipitaciones ocurridas, mientras que en febrero, marzo y abril se registró un descenso en el almacenaje debido a la disminución de las precipitaciones, finalmente en mayo se registró una recarga de la lámina debido a la disminución de la ETR y al aumento de las precipitaciones, analizando estos resultados se observa que en ningún momento el almacenaje estuvo por debajo del APDN, por lo que el agua disponible no fue una limitante para la producción de la pastura.

4.2 PRODUCCIÓN VEGETAL

4.2.1 Forraje disponible

A continuación se presentan los datos de forraje disponible promedio para cada tratamiento, expresado tanto en kg MS.ha⁻¹ durante al pastoreo como en altura promedio en centímetros al momento de ingreso de los animales.

Cuadro No. 4. Forraje disponible promedio (kg MS.ha⁻¹) durante el pastoreo y altura (cm) al momento de ingreso de los animales según tratamiento

Tratamiento	Disponible (kg MS.ha ⁻¹)	Altura (cm)
0	5910 A	27,7 A
1	4692 AB	23,6 AB
2	3734 B	22,1 B
3	4875 AB	23,5 AB

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

En el cuadro No. 4 se observa que hubo diferencias significativas en cuanto a la disponibilidad de forraje promedio de los distintos tratamientos. Cabe

destacar que en este trabajo la disponibilidad está altamente correlacionada ($R^2=0,84$) a la contribución de las malezas al disponible (figura No. 5), esto explica el motivo por el cual el tratamiento 0 difirió significativamente del tratamiento 2, ya que este último presentó menor cantidad de malezas (las causas se discutirán en el ítem composición botánica). A su vez, en la figura No. 5, se muestra que a mayor cantidad de malezas, estas explican proporcionalmente más el disponible ya que la función de la contribución de las malezas tiende a $y=x$, lo que da una idea de la competencia que ejercen sobre los demás componentes del disponible.

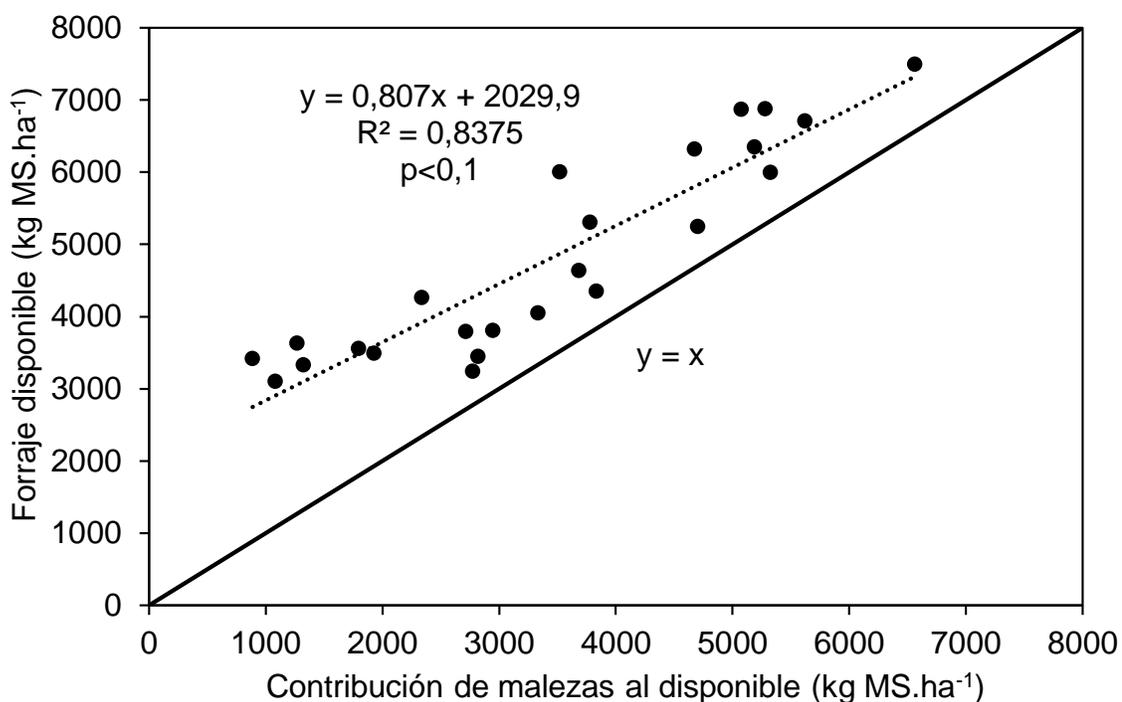


Figura No. 5. Relación entre el forraje disponible y la contribución de las malezas

Por otra parte, no hubo respuesta al agregado de fósforo en esta variable, como se analizará más adelante, el contenido de leguminosas de la pastura fue muy bajo, coincidiendo con lo mencionado por Santiñaque (1981), el cual afirma que existe interacción entre la respuesta al fósforo y la edad de la pastura, y ya que el contenido de especies intersembradas fue bajo, esta podría ser la explicación del motivo por el cual no existió respuesta.

Esto concuerda con resultados de Olaizola et al. (2015), quienes estudiando el segundo año de un mejoramiento en cobertura de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, encontraron que no existió respuesta al agregado de una mayor dosis de fósforo en cuanto a la disponibilidad de materia seca.

Analizando el efecto de los tratamientos en la disponibilidad expresada en altura (cuadro No. 4), el tratamiento 0 presentó una altura promedio numéricamente mayor que los tratamientos 1, 2 y 3, debido a que predominaron especies malezas de porte erecto como por ejemplo *Sida spp.* y *Sporobolus indicus*.

La altura de ingreso al pastoreo coincide con lo recomendado por Carámbula (2004), quien menciona que con alturas de entrada a pastoreo de alrededor de 25 cm se puede realizar en general un buen aprovechamiento del forraje producido. Sin embargo, cabe recordar que la altura está explicada principalmente por especies de porte erecto no sembradas.

Cuadro No. 5. Forraje disponible promedio (kg MS.ha⁻¹) durante el pastoreo y altura (cm) al momento de ingreso de los animales según momento de pastoreo

Momento de pastoreo	Disponible (kg MS.ha ⁻¹)	Altura (cm)
1	5556 A	28,5 A
2	4049 B	20,0 B

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

Analizando la evolución de la disponibilidad en función del momento de pastoreo (cuadro No. 5), se observan diferencias significativas entre los dos períodos, presentando menor disponibilidad de materia seca en el segundo. Esto se explica porque la mayor parte de las malezas eran anuales estivales, las cuales se encuentran finalizando su ciclo en otoño. A su vez, a medida que se acerca el invierno las temperaturas disminuyen lo que genera una menor tasa de crecimiento (cuadro No. 12), ya que la disponibilidad de agua en el suelo no fue una limitante.

La altura del disponible en el otoño fue menor, debido a que como ya se explicó anteriormente, las especies anuales estivales se encuentran finalizando su ciclo, por lo que están en etapa de senescencia disminuyendo su altura.

4.2.2 Forraje remanente

A continuación se analizan las mismas variables pero para el forraje remanente, también expresado en kg MS.ha⁻¹ y en centímetros.

Cuadro No. 6. Forraje remanente promedio (kg MS.ha⁻¹) y altura promedio (cm) según tratamiento

Tratamiento	Remanente (kg MS.ha ⁻¹)	Altura (cm)
0	1999 A	13,7 A
1	1991 A	13,0 A
2	1720 A	14,1 A
3	1997 A	12,6 A

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

Analizando la cantidad de biomasa que dejan los animales luego de salir del pastoreo (cuadro No. 6), se observa que no hay diferencias significativas, lo que significa que en aquellos tratamientos en que hubo mayor disponible, hubo mayor forraje desaparecido (cuadro No. 8).

Los resultados de la altura del remanente no concuerda con la recomendación mencionada por Langer (1981), Carámbula (1996), quienes sugieren como recomendación general, que las especies erectas pueden ser pastoreadas hasta 5 o 7 cm, dejando 22 y 15 días de crecimiento respectivamente. De acuerdo con esto, los resultados obtenidos evidencian una baja intensidad del pastoreo, lo cual generó un endurecimiento de la pastura (acumulación de restos secos) y una ineficiencia de utilización, ya que las hojas de los estratos inferiores senescen y no son aprovechadas para el consumo animal. Por otra parte, hubo una cantidad de forraje disponible importante (cuadro No. 4), por lo que la proporción de vainas existentes fue alta, esto sumado a que los animales tienden a consumir mayor proporción de láminas que vainas, hace que la altura del remanente sea más alta que lo recomendado por estos autores. Esto concuerda con lo mencionado por Montossi et al., citados por Montossi et al. (1996), quienes dicen que la distribución vertical de los componentes de la pastura influye en el valor nutritivo de la dieta cosechada por los animales, donde los componentes nutritivos más importantes (hojas verdes), se distribuyen en los estratos más altos de la pastura.

El hecho de que los animales consuman mayor proporción de láminas que vainas, concuerda con lo mencionado por Wright y Illius, citados por Prache y Pyraud (2001), quienes dicen que el pseudotallo es una barrera física a la profundidad al bocado, explicado por la mayor resistencia a la defoliación debido a su estructura y una mayor fibrosidad.

Cuadro No. 7. Forraje remanente promedio (kg MS.ha⁻¹) y altura promedio (cm) según momento de pastoreo

Momento de pastoreo	Remanente (kg MS.ha ⁻¹)	Altura (cm)
1	2141 A	16,0 A
2	1712 B	10,8 B

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

Como se vio en el cuadro No. 5, el forraje disponible presente para el primer momento de pastoreo fue mayor que para el segundo, por consiguiente, probablemente la oferta de forraje fue mayor, por lo cual los animales, consumiendo hasta cumplir su capacidad de consumo, dejan un mayor remanente en el momento 1. Esto se presenta en el cuadro No. 7 donde existieron diferencias significativas en el forraje remanente para los distintos momentos de pastoreo.

Otra explicación de que el remanente en el momento 2 sea inferior, tanto en cantidad como en altura, podría estar dada a que existe una ganancia de peso de los animales en el pastoreo 1, lo que lleva a que estos tengan mayor peso en el pastoreo 2, por ende mayores requerimientos que llevan a un mayor consumo. A causa de esto, la selección disminuye y los animales consumen mayor proporción de vainas, bajando la altura del remanente.

4.2.3 Forraje desaparecido

En este ítem se presenta información con respecto al forraje desaparecido entre el disponible y el remanente para los distintos tratamientos.

Cuadro No. 8. Forraje desaparecido total (kg MS.ha⁻¹) según tratamiento

Tratamiento	Forraje desaparecido (kg MS.ha ⁻¹)
0	7822 A
1	5401 AB
2	4027 B
3	5755 AB

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

Analizando el cuadro No. 8, se aprecian diferencias significativas en el forraje desaparecido entre los distintos tratamientos, en donde el tratamiento 0 tuvo más desaparecido que el 2, probablemente explicado por mayores pérdidas de forraje por pisoteo y caída de hojas senescentes en el tratamiento 0, por ser este el de mayor disponible y estructura más erecta. Esto concuerda con lo mencionado por Taboada (2007), quien señala que los factores de vegetación que acentúan el efecto negativo del pisoteo, son el volumen de biomasa sobre el

suelo, su estructura o arquitectura, y la calidad del forraje. También coincide con lo mencionado por Irigoyen (2009), quien afirma que la pérdida de hojas por pisoteo, la muerte de hojas, el arrancado de plantas, las deyecciones y la presencia de malezas de alto porte, inciden en el forraje desaparecido de la pastura. Es por esto que hubo diferencias en el desaparecido pero no en el remanente, es decir, una parte importante del forraje desaparecido de este tratamiento pasó a formar parte del mantillo.

Cuadro No. 9. Forraje desaparecido promedio (kg MS.ha⁻¹) según momento de pastoreo

Momento de pastoreo	Forraje desaparecido (kg MS.ha ⁻¹)
1	3414 A
2	2337 B

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

Analizando el forraje desaparecido promedio por momento de pastoreo, se observó diferencias significativas entre el momento 1 y el momento 2, lo cual podría estar explicado por lo mencionado por Ganzábal (1997), quien afirma que la disponibilidad es el factor de mayor importancia y está directamente relacionada al volumen de forraje cosechado y consumido. Cuanto menor es la disponibilidad, menores son las posibilidades de acceder al alimento y de satisfacer las demandas nutricionales. Respecto a esto Muslera y Ratera (1984), añaden que existe un nivel crítico de disponibilidad de forraje por debajo del cual el consumo disminuye rápidamente, para ganado vacuno este nivel es de 1100 a 2800 kg MS/ha. Por lo tanto, como se puede observar en el cuadro No. 5, en ninguno de los dos momentos la cantidad de forraje fue limitante, por lo que la diferencia entre momentos de pastoreo en el desaparecido, podría ser explicada por una disminución en la calidad al acumularse mayores volúmenes de restos secos, los cuales generaron una tasa de pasaje menor, limitando de esta forma el consumo del animal por factores nutricionales.

Esto concuerda con lo mencionado por Rodríguez (2005), quien afirma que forrajes groseros y de baja digestibilidad reducen el consumo, debido a que el rumen posee una capacidad limitada y los alimentos fibrosos permanecen en él un mayor tiempo impidiendo de esta manera el ingreso de otros.

4.2.4 Composición botánica

A continuación se presentan los resultados de la composición botánica del forraje disponible según el tratamiento.

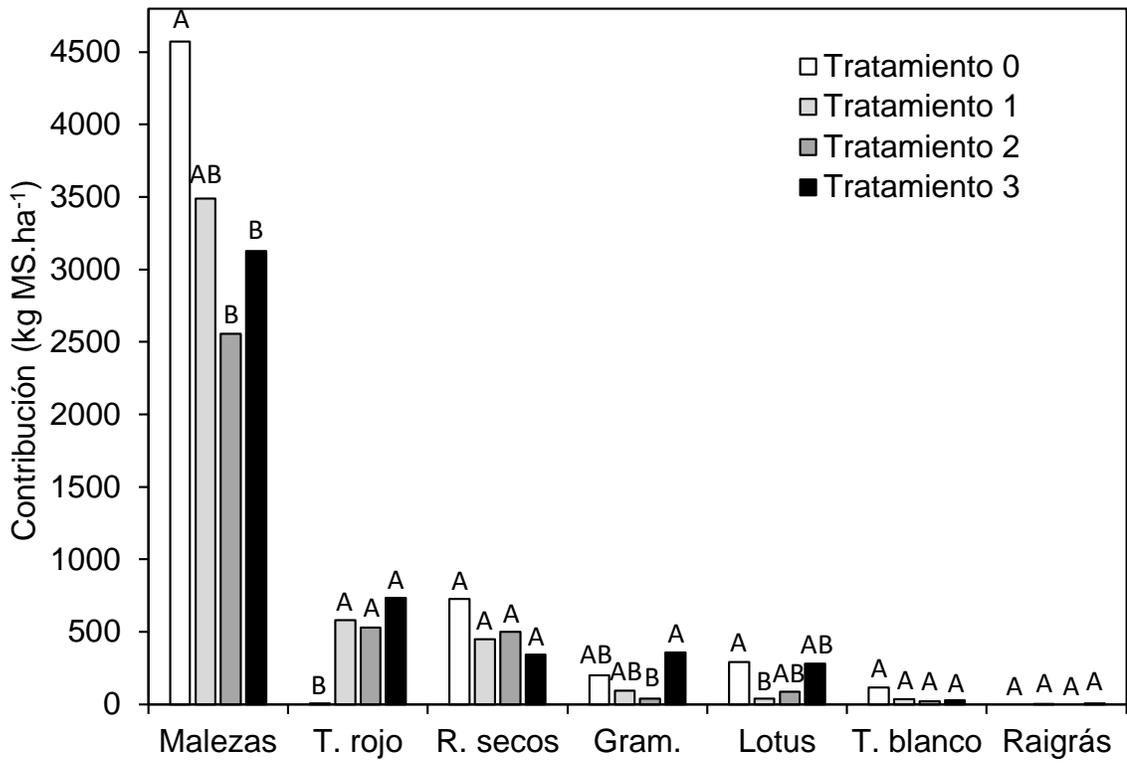


Figura No. 6. Contribución a la materia seca promedio por componente al forraje disponible según tratamiento

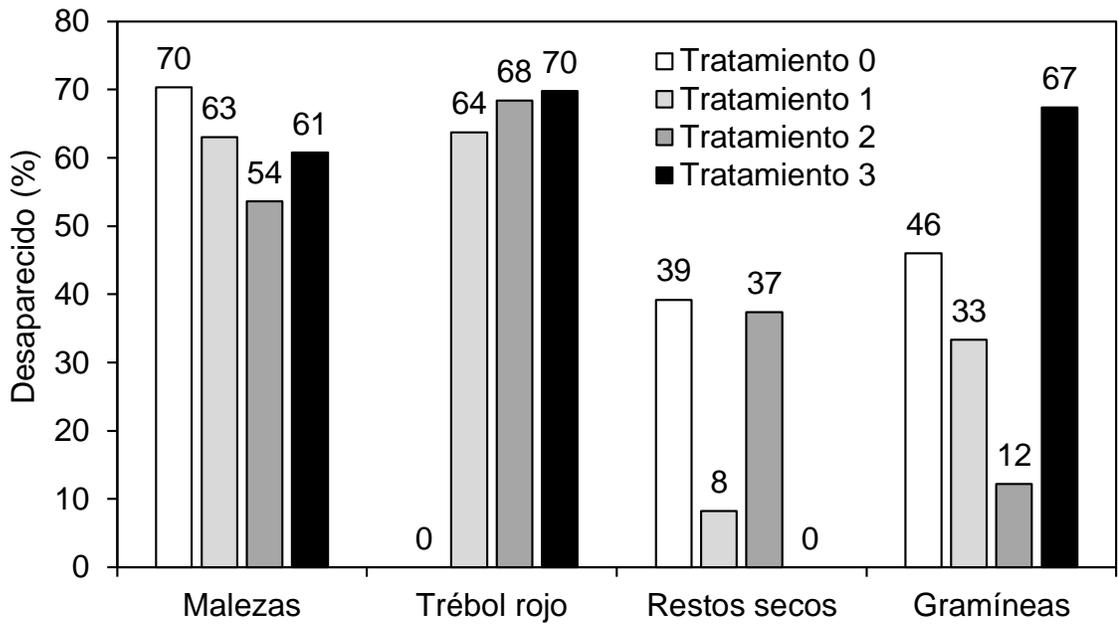


Figura No. 7. Proporción promedio del desaparecido por componente según tratamiento

En la composición botánica del disponible (figura No. 6) se puede observar, como se mencionó anteriormente, que de forma independiente del tratamiento predominaron las gramíneas malezas C4, en donde prevalecieron especies como *Setaria geniculata*, *Digitaria sanguinalis*, *Brachiaria platyphylla*, *Echinochloa colona*, *Sporobolus indicus*, y *Eragrostis lugens*, así como otras especies que son incluidas dentro de esta categoría, como por ejemplo, *Sida spp.* e *Histerionica pinnatifida*.

Lo primero a destacar con respecto a esto es el hecho de que la pastura está en su quinto año de edad. Esto concuerda con lo mencionado por García et al. (1981), Carámbula (2004), que indican que en las pasturas de la región generalmente a partir del tercer año comienzan a desaparecer las especies sembradas, particularmente las leguminosas, produciéndose claros en las pasturas en donde avanzan malezas, sufriendo disminuciones importantes en los rendimientos de forraje. A esto se le suma la baja presencia de festuca (gramínea de alto valor forrajero), cuya especie logra competir con malezas durante el verano, lo cual coincide con lo indicado por Noëll (1998), quien afirma que el cultivar de festuca Tacuabé permanece vegetativamente durante el verano, siendo una herramienta que oficia de barrera contra el ingreso de malezas. Por lo que en este caso hubo menos barreras para el desarrollo de malezas de ciclo estival.

A su vez, en los tratamientos que llevaron interseembra, esta se realizó con especies invernales, por lo que en verano el trébol rojo (bienal) a pesar de su aceptable producción estival, no logra ejercer una importante competencia con malezas, mientras que el raigrás (anual) permanece toda la estación como semilla, dejando espacios libres para la invasión de malezas estivales.

Estos factores mencionados podrían explicar la gran proporción de malezas dentro de la composición botánica.

Por otra parte, los tratamientos 2 y 3 tuvieron una cantidad significativamente menor de malezas que el tratamiento 0, lo cual podría ser explicado por una mayor producción de las especies sembradas en el invierno-primavera del año anterior, que compitieron con las malezas, ya que el fósforo habría permitido lograr un mayor peso de plantas de leguminosas, dejando menos espacios vacíos para malezas, traduciéndose en una menor presencia de estas en el período experimental. Lo sucedido en el tratamiento 0 concuerda con Carámbula (2004), quien menciona que al ir desapareciendo las leguminosas, sus nichos van siendo ocupados progresivamente por plantas invasoras tales como malezas y gramíneas ordinarias, muchas veces anuales.

Para el caso del tratamiento con interseembra y agregado de fósforo y nitrógeno, el hecho de agregar este último nutriente, pudo haber promovido las malezas, aunque no resultó significativamente distinto del tratamiento 2.

Con respecto a *Lotus corniculatus*, fue una de las especies con menor aporte en la pastura ya que es parte de la pradera vieja. Esto coincide con lo mencionado por Díaz Lago et al. (1996), quienes afirman que la persistencia del lotus depende de la sobrevivencia de las plantas originales y en el cuarto año de vida disminuye su rendimiento.

En los tratamientos con interseembra, la cantidad de lotus fue numéricamente inferior al tratamiento sin interseembra, aunque el único que presentó diferencias significativas fue el tratamiento 1. Esto podría ser explicado por la competencia que ejerce el trébol rojo y el raigrás, agravado por el hecho de la falta del agregado de nutrientes. Esto coincide con lo afirmado por Bemhaja (1998), que indica que el trébol rojo, debido a su rápido establecimiento compite por luz y espacio con las leguminosas perennes.

Analizando lo sucedido con *Trifolium repens*, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, la presencia de esta especie fue muy baja, debido a que pertenece a la pastura vieja y ha sufrido un proceso de degradación. Debido a esto, no se encontró respuesta a la fertilización fosfatada, lo cual concuerda con Noëll (1998), quien afirma que el cultivar Zapicán no tiene buena persistencia vegetativa ya que utiliza su energía en resembrar para reponer plántulas, comportándose como una anual parcial. Además, tiene baja densidad de estolones y pobre predisposición a arraigar en los nudos y estolones. Dicho hábito es vulnerable al estrés hídrico y a la presión del pastoreo.

Con respecto a *Trifolium pratense*, en el tratamiento 0 la contribución de esta especie es muy baja, ya que no se sembró, sin embargo, existía una pequeña cantidad de plantas espontáneas. Por otra parte, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos que tuvieron la interseembra. Sería de esperar en principio, que aquellos tratamientos con agregado de fósforo tuvieran mayor proporción de esta leguminosa, sin embargo esto no fue así, posiblemente explicado a que en la época en que se realizó el experimento, esta especie no está en el período donde se esperaría una mayor respuesta al agregado de este nutriente. Esto coincide con García (1992), Carámbula (2004), quienes afirman que buenos niveles de fósforo en el suelo favorecen el crecimiento de las leguminosas, pero esta no es una condición suficiente para prevenir, por sí solo, el descenso de los rendimientos al aumentar la edad de la misma, ni es el único motivo para incrementar su persistencia.

Por otra parte, un factor que podría estar afectando la producción de esta especie, son las enfermedades de raíz y corona que sufre durante el primer verano, las cuales probablemente fueron favorecidas por las altas precipitaciones durante este período. Esto coincide con lo mencionado por Kilpatrick et al., Rufelt, Altier, Skipp y Christensen, citados por Rebuffo y Altier (1996), quienes afirman que la mayor proporción de las plantas de trébol rojo mueren en el primer verano como resultado del efecto de una o más enfermedades de raíz y corona. A su vez, trabajos realizados por Altier, citado por Rebuffo y Altier (1996), con el cultivar LE 116, mostraron que el 90% de las plantas murieron en el primer verano, sobreviviendo sólo el 2% a la primavera del segundo año. Rebuffo y Altier (1996), agregan que la marchitez y podredumbre radicular fueron la causa principal de mortalidad de plantas.

Analizando lo sucedido con *Lolium multiflorum*, no hubo diferencias significativas debido a que la presencia de esta fue casi nula a causa de varios factores. Entre ellos se mencionan que es un cultivar de hábito de vida anual y ciclo invernal, por lo tanto no es de esperarse su presencia durante el verano y otoño temprano, además su sobrevivencia en la pastura depende íntegramente de su capacidad de producir semillas y que estas germinen al año siguiente. Este último punto probablemente se vio afectado por la baja relación rojo/rojo lejano de la luz que llega al suelo, por la importante cobertura de la biomasa presente. A esto se le suma que es un cultivar tetraploide, que según Carámbula (2002), tiene como desventajas una menor capacidad de semillazón, resiembra natural y persistencia. Además el potencial de producción de esta especie se expresa durante invierno-primavera, mientras que el experimento fue realizado en verano-otoño.

En las gramíneas perennes, conformadas principalmente por especies de valor forrajero como *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, y *Bromus catharticus*, hubo diferencias significativas entre el tratamiento 2 y el 3, resultado que se puede explicar por: el aporte de nitrógeno favoreció a estas especies y la competencia con las especies intersembradas cuando no hay agregado de fertilizante pudo haberlas afectado. Esto coincide con Carámbula (2002), el cual sostiene que para que se mantenga una alta producción de gramíneas es necesario contar con una fuente apropiada de nitrógeno, lo que se logra fundamentalmente mediante siembras asociadas con leguminosas que aporten nutriente suficiente o con la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Además, estas especies presentaron en todos los tratamientos una baja producción, ya que al ser una pastura vieja la festuca comienza a declinar su producción y formar maciegas, a la vez que comienzan a aparecer levemente especies espontáneas del campo nativo como *Paspalum notatum*, *Paspalum dilatatum*, y *Bromus catharticus*. Por último, debido a la baja producción de

leguminosas, el nitrógeno disponible para las gramíneas proveniente de la fijación biológica de nitrógeno podría ser bajo, por lo cual era de esperarse una respuesta al agregado de este nutriente.

Por último, no existieron diferencias significativas entre la proporción existente de restos secos, estos fueron el segundo componente de mayor importancia, debido a que hay una importante proporción del forraje que no es utilizado por lo tanto senesce, haciendo que disminuya la eficiencia de utilización del forraje.

Analizando los resultados obtenidos de composición botánica del remanente, ningún componente presentó diferencias significativas. Para lotus la media fue de 21 kg MS.ha⁻¹ ± 3, trébol rojo 154 kg MS.ha⁻¹ ± 166, trébol blanco 18 kg MS.ha⁻¹ ± 38, raigrás 5 kg MS.ha⁻¹ ± 9, gramíneas perennes 81 kg MS.ha⁻¹ ± 104, malezas 1265 kg MS.ha⁻¹ ± 366 y restos secos 384 kg MS.ha⁻¹ ± 161.

Por otra parte, en la figura No. 7 se presentan los resultados obtenidos en el forraje desaparecido de las fracciones más importantes. Se puede observar que en el tratamiento sin interseembra la selección por parte de los animales fue menor a los demás tratamientos, dado que se consumió la mayor parte de las malezas presentes, además como ya se mencionó, es probable que el efecto del pisoteo en este tratamiento haya sido mayor. Por otra parte, se puede observar como en los tratamientos 1, 2 y 3, hubo un efecto de selección mayor, dado que el forraje desaparecido correspondiente a trébol rojo fue superior a los desaparecidos de malezas. A su vez pudo existir un efecto del pisoteo mayor sobre esta especie, coincidiendo con lo mencionado por Smetham (1981), quien afirma que especies con corona elevada como el *Trifolium pratense* son más susceptibles al pisoteo. Por otro lado, el efecto del nitrógeno en el tratamiento 3, que provocó una mayor producción de gramíneas de valor forrajero, hizo que los animales seleccionen más estas especies. Por último, cabe destacar que el forraje desaparecido correspondiente a los restos secos posiblemente fue debido a que pasan a formar parte del mantillo a causa del rechazo de los animales.

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Montossi et al. (1996), quienes indican que la dieta de animales en pastoreo usualmente contiene mayores proporciones de hoja y componentes vivos de la pastura y menores de tallos y material muerto que lo que es ofrecido por la pastura. Así mismo, en pasturas templadas, los animales seleccionan preferentemente leguminosas sobre gramíneas.

Dado que la proporción de especies de valor forrajero fue bajo comparada a las malezas, es de esperarse que al inicio de la sesión de pastoreo los animales hayan consumido en mayor medida las especies de alto valor

forrajero, y a medida que avanzaba el período de pastoreo los animales se vieran obligados a consumir las malezas. Esto se asemeja con los resultados obtenidos por Lesperance et al. (1960), en donde los animales consumían mayor proporción de *Trifolium repens* al inicio, y a medida que avanzaba el período de pastoreo, la proporción de esta especie en el forraje decrecía, lo cual obligaba a los animales a consumir la gramínea.

Cuadro No. 10. Composición botánica (kg MS.ha⁻¹) según momento de pastoreo

Momento	Malezas	T. rojo	R. secos	Gram.	Lotus	T. blanco	Rg.
1	4371 A	391 A	349 B	233 A	167 A	48 A	1,2 A
2	2501 B	535 A	661 A	115 A	181 A	54 A	3,5 A

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

La biomasa de malezas y la cantidad de restos secos, presentaron diferencias significativas entre momentos de pastoreo (cuadro No. 10). Con respecto a los restos secos, el segundo momento de pastoreo presentó una mayor cantidad explicado por la muerte de especies estivales en el otoño. Por lo tanto, esto condujo a una disminución de las malezas ya que parte de estas pasaron a formar parte del componente restos secos.

4.2.5 Producción de materia seca

4.2.5.1 Tasa de crecimiento

En este ítem se presenta el análisis de los resultados obtenidos para la tasa de crecimiento.

Cuadro No. 11. Tasa de crecimiento promedio (kg MS.ha⁻¹.d⁻¹) según tratamiento

Tratamiento	Tasa de crecimiento (kg MS.ha ⁻¹ .d ⁻¹)
0	72,4 A
1	51,3 A
2	43,0 A
3	57,5 A

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

Estudiando el efecto del tratamiento sobre la tasa de crecimiento de la biomasa total durante el experimento (cuadro No. 11), no se encontraron diferencias significativas. Observando el cuadro No. 13, la producción de forraje difirió significativamente y, teniendo en cuenta que el período de crecimiento fue el mismo para todos los tratamientos, es evidente que las diferencias no son significativas debido al alto coeficiente de variación (C.V.=37,2%) que presentó esta variable.

Las mayores tasas de crecimiento encontradas son explicadas por una mayor proporción de malezas estivales C4 (*Setaria geniculata*, *Digitaria sanguinalis*, *Brachiaria platyphylla*, *Echinochloa colona*), las cuales tienen alta tasa de crecimiento estival, a su vez como ya se mencionó, el tratamiento 0 fue el de mayor contenido de estas especies explicando la mayor tasa de crecimiento, mientras que en el tratamiento 3, el nitrógeno pudo tener un efecto benéfico sobre esta variable.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Fontes y Umpiérrez (2015), quienes midieron la tasa de crecimiento en verano y en otoño de una pastura compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de quinto año, en condiciones similares en cuanto a enmalezamiento, donde las tasas de crecimiento estuvieron entre 50 y 55 kg MS.ha⁻¹.d⁻¹.

Se hubiera esperado que el tratamiento testigo se comportara de forma similar a un campo natural (debido a que la pradera está en vías de degradación a campo natural, por las especies encontradas), mientras que los demás tratamientos sean similares a un campo natural mejorado. Sin embargo estos resultados no coinciden con los obtenidos por Gallinal et al. (2016), quienes evaluaron la producción estivo-otoñal de campo natural y campo natural mejorado, y obtuvieron 35,6; 26,6; 35,6 kg MS.ha⁻¹.d⁻¹, para campo natural, campo natural mejorado y campo natural mejorado con 60 kg de N respectivamente, cabe destacar que en este trabajo hubo déficits de disponibilidad de agua en los meses de febrero, marzo y abril.

Cuadro No. 12. Tasa de crecimiento promedio (kg MS.ha⁻¹.d⁻¹) según momento de pastoreo

Momento de pastoreo	Tasa de crecimiento (kg MS.ha ⁻¹ .d ⁻¹)
1	74,4 A
2	37,8 B

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

Se puede observar que el momento del pastoreo tuvo un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento de la pastura (cuadro No. 12), siendo esta mayor durante el primero de ellos. Durante este período, las especies estivales se encontraban en activo crecimiento, mientras que en el momento 2 se generó una reducción en la tasa de crecimiento debido a la disminución de la temperatura y finalización del ciclo de las especies anuales de ciclo estival, que provocó el aumento en la cantidad de restos secos, disminuyendo el área fotosintéticamente activa. Esto coincide con lo mencionado por Smetham (1981), Muslera y Ratera (1984), quienes afirman que el material viejo, muerto o

senescente, de baja eficiencia fotosintética, intercepta inútilmente energía luminosa, sombreando las hojas verdes, reduciendo la tasa de rebrote.

Las tasa de crecimiento obtenidas en el momento 2 son similares a las obtenidas por Gallinal et al. (2016) mencionadas anteriormente.

4.2.5.2 Producción de forraje

A continuación se presenta el análisis de los resultados de la producción de forraje obtenido.

Cuadro No. 13. Producción de forraje por momento de pastoreo y total (kg MS.ha⁻¹) según tratamiento

Tratamiento	Producción de forraje (kg MS.ha ⁻¹)		
	Momento 1	Momento 2	Total
0	4329 A	2822 A	7151 A
1	3711 AB	1303 B	5014 B
2	2687 B	1706 AB	4393 B
3	3851 AB	1799 AB	5650 AB

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

Con respecto a la producción de forraje total para los distintos tratamientos (cuadro No. 13), se observa una diferencia significativa, siendo el tratamiento 0 mayor a los tratamientos 1 y 2, debido a que presentó la mayor tasa de crecimiento por el alto contenido de malezas en este tratamiento. El comportamiento de los tratamientos 1 y 2 se podría deber a que probablemente en el invierno-primavera del año anterior, las especies intersembradas lograron una mayor competencia, generando una menor invasión de malezas, las cuales como ya se vio, explican la mayor parte del crecimiento de biomasa. Sin embargo, se puede observar que el agregado de nitrógeno en el tratamiento 3, permitió una mayor producción de gramíneas tanto perennes de valor forrajero como anuales estivales, haciendo que no se diferencie significativamente del tratamiento 0. Por último, se destaca una mayor producción numérica en el tratamiento 0 por una tasa de crecimiento numéricamente mayor que se dio en este tratamiento (cuadro No. 11).

El hecho de que el tratamiento 2 no tenga mayor producción de forraje que el tratamiento 1, supone que no hubo respuesta al agregado de fósforo en esta variable, lo cual concuerda con lo mencionado por Santiñaque (1981), quien menciona que en el cuarto y quinto año de una pastura, hay una menor respuesta al agregado de fósforo, lo que significa que cuando la pastura envejece existen

otros factores limitantes de la producción. A esto se le suma el hecho de que las especies intersembradas se encontraban en baja frecuencia.

Los resultados obtenidos en el tratamiento 3, en donde se observó que no hubo respuesta significativa al agregado de nitrógeno en la producción de forraje (comparado al tratamiento 2), concuerda con lo mencionado por Pollit, citado por Carámbula (2004), quién demostró que al igual que lo que pasa con el fósforo, existe una menor eficiencia de uso del nitrógeno a medida que las pasturas envejecen. Respecto a esto Carámbula (2002), menciona que en praderas mixtas en donde no dominan leguminosas, se espera respuesta importante al agregado de nitrógeno. Esto no coincide con los resultados obtenidos, posiblemente explicado a que este nutriente fue aplicado el 6 de agosto del año anterior, por lo que las pérdidas a causa de lixiviación, acentuada por elevadas precipitaciones en los meses de diciembre y enero, que junto con otras posibles pérdidas de nitrógeno disponible como desnitrificación, volatilización e inmovilización, puede explicar la baja respuesta encontrada.

Al analizar estos resultados según el momento de pastoreo, a pesar de que el ANAVA no mostró significancia en la interacción entre momento de pastoreo y tratamiento (p -valor=0,42), se puede observar un cambio de ranking, en donde en el momento 1, el tratamiento 0 no presentó diferencias significativas con el 1, pero si con el 2, mientras que en el momento 2 el tratamiento 0 se diferenció del 1 pero no del 2. Esto esta explicado porque el tratamiento 1 tiene mayor contenido de malezas que el 2, que como ya se mencionó, disminuye su tasa de crecimiento en el segundo momento reduciendo la producción de forraje.

Cuadro No. 14. Producción de forraje promedio (kg MS.ha⁻¹) según momento de pastoreo

Momento de pastoreo	Producción de forraje (kg MS.ha ⁻¹)
1	3644 A
2	1907 B

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

Se encontraron diferencias significativas en la producción de forraje para los distintos momentos de pastoreo (cuadro No. 14), en donde la producción del primer momento fue marcadamente superior, como ya fuera mencionado, la tasa de crecimiento en el primer momento de pastoreo fue mayor.

4.2.6 Suelo descubierto

En este ítem se presenta la información obtenida en cuanto a la proporción del suelo descubierto.

Cuadro No. 15. Proporción de suelo descubierto promedio (%) en disponible al momento de ingreso de los animales y en remanente según tratamiento

Tratamiento	Suelo descubierto en disponible (%)	Suelo descubierto en remanente (%)
0	4,2 A	8,9 A
1	4,2 A	9,4 A
2	7,0 A	10,9 A
3	3,3 A	9,1 A

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

Como se puede observar en el cuadro No. 15, no existieron diferencias significativas en cuanto a la proporción de suelo descubierto, tanto para el momento de ingreso de los animales como para el remanente de cada tratamiento, debido a una gran cobertura explicada por parte de la biomasa presente, así como también de los restos secos.

Sin embargo, se puede apreciar como luego del consumo por parte de los animales, al haber desaparecido parte de la materia seca, se observó más espacio de suelo descubierto para todos los tratamientos.

Cuadro No. 16. Proporción de suelo descubierto promedio (%) en disponible al momento de ingreso de los animales y en remanente según momento de pastoreo

Momento de pastoreo	Suelo descubierto en disponible (%)	Suelo descubierto en remanente (%)
1	5,2 A	6,7 B
2	4,1 A	12,5 A

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

Analizando el momento de pastoreo, el porcentaje de suelo descubierto no presentó diferencias significativas entre momentos de ingreso de los animales, esto se debe a que en ambos momentos hay gran cantidad de biomasa y restos secos que logran cubrir el suelo casi en su totalidad. Por otra parte, en el remanente sí hubo diferencias significativas, observándose mayor porcentaje en el momento de pastoreo 2 ya que, como se presentó en el cuadro No. 7, la materia seca del remanente total fue menor en el segundo momento de pastoreo, por lo que cubrió menos el suelo, dejando más espacio para la germinación e implantación de las especies sembradas.

4.2.7 Oferta de forraje

En este ítem se analizará la oferta de forraje de cada tratamiento.

Cuadro No. 17. Oferta de forraje (kg MS/100 kg PV), peso vivo promedio (kg.a⁻¹) y disponibilidad diaria promedio (kg MS.d⁻¹) según tratamiento

Tratamiento	Oferta de forraje (kg MS/100 kg PV)	Peso vivo (kg.a ⁻¹)	Disponibilidad de MS (kg MS.d ⁻¹)
0	6,0	482	116
1	4,7	492	92
2	3,9	473	73
3	4,8	503	96

Comparando la oferta de forraje por tratamiento (cuadro No. 17) con resultados obtenidos por Fontes y Umpiérrez (2015), quienes obtuvieron una oferta óptima para una pastura de quinto año en verano-otoño de 4,7 kg de MS/100 kg de PV, y con resultados de Nin Algorta et al. (2014), quienes obtuvieron en una pastura de cuarto año en el mismo período, ofertas óptimas de 5,1 kg MS/100 kg PV, se puede observar que los tratamientos 1 y 3 son los que más se aproximan a estos resultados.

El tratamiento 0 fue el que presentó mayor oferta de forraje, explicado principalmente por una mayor disponibilidad. Esta mayor oferta pudo haber causado mayor selección, por lo tanto más desperdicios del material menos apetecible, lo que provocó la existencia de más restos secos. Esto coincide con resultados obtenidos por Saldanha (2005), quien trabajando sobre campo natural en verano, encontró que más del 87% del forraje consumido eran tejidos verdes.

Por otra parte, en el tratamiento 2 puede observarse una oferta menor dado a que este fue el tratamiento con la menor disponibilidad de forraje, que como ya se mencionó, está provocado principalmente por la baja presencia de malezas, y por consiguiente, puede afectar tanto la ganancia individual del animal como la persistencia de la pastura. Esto coincide con Lombardo (2012), que afirma que con una asignación baja de forraje, hay ganancias individuales medias a bajas y existe un efecto negativo sobre el crecimiento de la pastura, comprometiendo la persistencia de la misma, concordando también con lo mencionado por Risso (1997), quien sostiene que es necesario un ajuste de la dotación que permita una alta eficiencia de utilización del forraje, promoviendo un buen comportamiento individual y un razonable rebrote de la pastura.

4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL

4.3.1 Ganancia de peso

A continuación se analizará la ganancia de peso vivo obtenida en cada tratamiento. Para analizar los datos se utilizó como covariable el peso inicial de los animales, para de esta manera ajustar las diferencias iniciales y no afectar el análisis de datos en el período experimental.

Cuadro No. 18. Ganancia de peso vivo promedio por animal (kg.d⁻¹.a⁻¹) según tratamiento

Tratamiento	Ganancia de peso vivo (kg.d ⁻¹ .a ⁻¹)
0	0,36 A
1	0,48 A
2	0,50 A
3	0,75 A

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

Comparando la ganancia de peso promedio por tratamiento, no se observaron diferencias significativas a pesar de que numéricamente hayan arrojado valores distintos, esto se puede deber a que el coeficiente de variación fue alto (C.V.=56%). Por lo tanto se analizará a continuación las diferencias numéricas entre las ganancia de peso, dado a que estas diferencias podrían tener importancia agronómica.

La mayor oferta del tratamiento 0 podría haber llevado a una mayor búsqueda de alimento y consecuentemente a un mayor gasto de energía, por lo tanto menor ganancia. A su vez, este tratamiento presentó una composición botánica con mayor proporción de especies de bajo valor forrajero, por lo que su calidad podría haber sido menor, traduciéndose en una menor ganancia de peso vivo. Esto no coincide con Lombardo (2012), el cual asegura que cuando un animal dispone de más forraje, se encuentra en condiciones de seleccionar lo que come, eligiendo lo de mayor valor nutritivo y rechazando lo de menor valor, obteniendo de esta manera mayor ganancia por animal. Esto se debe a que a pesar de que la disponibilidad de forraje fue mayor, la poca cantidad de especies presentes de alto valor forrajero no permitió una selección relevante por parte de los animales.

Otra causa podría ser que el aumento de la selección de partes verdes de los animales no haya logrado compensar la menor calidad de la pastura, debido a que pudo haber sido afectado el comportamiento en el consumo del animal, lo cual coincide por lo mencionado con Nabinger y De Faccio Carvalho

(2009), quienes sostienen que las variables del comportamiento ingestivo (profundidad de bocado; tasa de bocado; búsqueda y aprehensión; tiempo de pastoreo) son dependientes de las características estructurales del pasto (tamaño de hoja; densidad de macollos o estolones; y hojas vivas/macollo), las cuales afectan el desempeño individual del animal.

Por otra parte, en los tratamientos 1 y 2, el posible aumento de la calidad de forraje explicado por una mayor presencia de la fracción de leguminosas (trébol rojo principalmente), permitió que la dieta consumida tenga una mayor calidad que el forraje total disponible, lo cual se expresa en una mayor ganancia de peso vivo con respecto al tratamiento 0. Esto concuerda con Langer (1981), que afirma que las pasturas de alta calidad tienen una baja cantidad de fibra y cantidades elevadas de proteínas y en el mismo estado de crecimiento las leguminosas son mejores en calidad que las gramíneas.

El tratamiento 3, además de poseer mayor contenido de leguminosas, registró una cantidad superior de gramíneas de alto valor forrajero, que en adición a que fue uno de los tratamientos con mayor oferta, permitió que los animales consuman una dieta de mejor calidad y por lo tanto logren una mayor ganancia de peso.

Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Fontes y Umpiérrez (2015), quienes trabajando en una pastura de quinto año en verano otoño, obtuvieron ganancias de los animales de 0,69; 0,77 y 0,90 kg.d⁻¹.a⁻¹, para ofertas de forraje de 3,4; 4,7 y 8,3 kg MS/100 kg PV respectivamente.

4.3.2 Producción de carne

A continuación se presentan los resultados y el análisis de la producción de carne y eficiencia de conversión por tratamiento.

Cuadro No. 19. Eficiencia de conversión de forraje a carne (kg MS/kg PV) y producción de carne (kg.ha⁻¹) según tratamiento

Tratamiento	Ef. de conversión (kg MS/kg PV)	Producción carne (kg.ha ⁻¹)
0	76,5	123,2
1	40,1	160,6
2	26,4	180,4
3	28,0	253,0

Tal como se ha mencionado anteriormente, el tratamiento 0 tuvo un forraje desaparecido mayor (cuadro No. 8), que no se vio reflejado en la

producción de carne, probablemente explicado por un mayor desperdicio del forraje, a una menor calidad que limitó el consumo y a una menor cantidad de especies de valor forrajero que no permitió una gran selección por parte de los animales, obligándolos a consumir el forraje de menor valor nutritivo.

Las ganancias de peso vivo de los tratamientos 1 y 2 fueron similares, sin embargo la eficiencia de conversión fue mejor en el tratamiento 2, esto puede ser explicado a que en el tratamiento 1 hubo una mayor cantidad de malezas en el disponible (figura No. 6), las cuales como ya se mencionó, serían más propensas a sufrir desperdicios durante el pastoreo. Además, un efecto leve pero que podría influir, es el hecho de que el fósforo aumentó la calidad de la pastura, lo que concuerda con Morón (1996b), quien menciona que el déficit de P afecta la concentración de P en el forraje y por tanto su calidad nutritiva.

El tratamiento 3 fue el de mayor producción de carne, por ser numéricamente mayor el forraje desaparecido con respecto al tratamiento 2 (cuadro No. 8), tener mayor proporción de especies de valor forrajero (figura No. 6) y posiblemente mayor proporción de hojas que de tallos, permitiendo una mayor selección por parte del animal lo que posibilitó consumir una dieta de mejor calidad y obtener mayor producción de carne.

Estos resultados obtenidos concuerdan con Pérez (2014), quien indica que la renovación de una pastura hace posible aumentar la producción de carne o leche y por ende trae una mayor rentabilidad en el sistema.

Los resultados son cercanos a los obtenidos por Fontes y Umpiérrez (2015), quienes encontraron que el tratamiento con oferta de forraje de 3,4% tuvo una eficiencia de conversión promedio de 38,7 kg MS/kg PV, y para la oferta de 4,7%, 52,6 kg MS/kg PV. Además, Nin Algorta et al. (2014), obtuvieron con una oferta de forraje de 5,1% una eficiencia de conversión de 13 kg MS/kg PV. Las diferencias encontradas con este último trabajo podrían ser explicadas por diferencias en calidad, composición botánica de las pasturas y por la variación climática del verano.

4.4 CONSIDERACIONES FINALES

El hecho de que se haya evaluado el primer verano-otoño de la renovación de una pastura vieja, y que se hayan sembrado especies invernales, produjo que el nivel de enmalezamiento de la pastura fuera elevado. Esto condujo a que este componente sea responsable de explicar la respuesta de los distintos grados de intensificación en la mayoría de las variables estudiadas.

Dejando la pastura sin modificaciones, se logró mayor producción de materia seca, pero con menor valor nutritivo lo cual afectó la producción de carne.

No existió una alta respuesta en producción de forraje al agregado de nutrientes debido a la baja presencia de las especies intersembradas y a la avanzada edad de la pastura en vías de degradación.

Hubo diferencias en la producción vegetal según momento de pastoreo, presentando mejores resultados el período estival, explicado principalmente por la tasa de crecimiento.

El momento de pastoreo no afectó la respuesta en las variables a los distintos grados de intensificación.

El hecho de que no hubo deficiencias hídricas y que las temperaturas máximas registradas fueran inferiores al promedio histórico, harían suponer que las condiciones meteorológicas no fueron grandes limitantes para la producción tanto vegetal como animal.

Se esperaría un aumento de producción de las especies intersembradas durante invierno-primavera, momento en el cual la mayoría de las malezas presentes desaparecen o disminuyen su producción, por lo que se esperarían mayores producciones de carne.

Sería adecuado continuar con la investigación durante el período invierno-primaveral, de tal modo de generar la información necesaria que permita evaluar el efecto de la renovación durante un mayor período de tiempo, a modo de obtener conclusiones en la conveniencia de la realización de esta práctica.

5. CONCLUSIONES

Los distintos grados de intensificación dentro de la renovación de la pradera de quinto año en el período estivo-otoñal, no lograron obtener incrementos en la producción de forraje.

Hubo efecto del grado de intensificación sobre la composición botánica, donde un mayor uso de insumos resultó en un aumento de especies de alto valor forrajero y en una reducción de especies no sembradas de menor calidad.

El aumento del grado de intensificación de la renovación no presentó diferencias estadísticas en la ganancia de peso vivo, pero existieron diferencias numéricas, donde el agregado de semillas junto con fósforo y nitrógeno presentó el valor más elevado.

Si bien no hubo aumentos en la producción de forraje, la respuesta en la producción de peso vivo por hectárea se pudo haber dado por una mejora en la calidad del mismo.

6. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la producción de forraje, la composición botánica y la producción animal con distintos grados de intensificación en la renovación de una pastura vieja durante el período estivo-otoñal, se realizó un experimento, llevado a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario. A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), durante el período de tiempo comprendido entre febrero y mayo de 2019. El experimento consistió en la renovación de una pradera degradada compuesta por *Trifolium repens* cv. Zapicán, *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel. La renovación fue realizada con la intersemebra de la mezcla de *Lolium multiflorum* cv. Winterstar II y *Trifolium pratense* cv. LE 116. Se realizaron 4 tratamientos donde las variables fueron: intersemebra de especies en la pastura, intersemebra con fertilización fosfatada, intersemebra con fertilización fosfatada y nitrogenada, y un tratamiento sin renovación. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, comprendiendo tres bloques con cuatro tratamientos cada uno. La unidad experimental es la parcela, correspondiendo cada una a un tratamiento diferente dentro de cada bloque. Las mezclas fueron pastoreadas con novillos de raza Holando, siendo asignados al azar 4 novillos por tratamiento, con un peso promedio inicial de 467 kg. El método de pastoreo fue rotativo y el criterio para el cambio de parcela fue cada 15 días, con una frecuencia de 30 días aproximadamente, donde hubieron dos momentos de pastoreo por lo cual cada animal pasó dos veces por cada bloque. Se encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento sin intersemebra con respecto al disponible de forraje, tanto en cantidad como en altura, también en forraje desaparecido y en producción de forraje. En todos los tratamientos predominaron especies gramíneas de tipo C4 anuales, en su mayoría de bajo valor forrajero, sin embargo, hubo mejorías en la composición botánica en los tratamientos con intersemebra y con intersemebra y fósforo por la presencia de *T. pratense*, mientras que el tratamiento que tiene agregado de nitrógeno, presentó además, más contenido de gramíneas perennes de alto valor forrajero. Por otra parte, la presencia de *L. multiflorum* fue prácticamente nula en todos los tratamientos. El tratamiento con mayor grado de intensificación en la renovación por el agregado de fertilizante fosfatado y nitrogenado además de la intersemebra, fue el que presentó el mejor desempeño respecto en la ganancia de peso vivo, así como también en producción de carne. En cuanto al disponible a través del tiempo, se encontraron diferencias significativas a favor del primer momento de pastoreo en cantidad y en altura, así como también en forraje desaparecido, tasa de crecimiento y producción de forraje.

Palabras clave: Pasturas; Renovación; Producción; Intersiembr.

7. SUMMARY

With the objective of evaluating forage production, botanical composition and animal production with varying degrees of intensification in the renovation of an old pasture during the summer-autumn period, an experiment was carried out at the Experimental Station “Dr. Mario. A. Cassinoni” (Agronomy School, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), during the period between February and May 2019. The experiment consisted in the renovation of a degraded meadow composed by *Trifolium repens* cv. Zapicán, *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé and *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel. The renovation was carried out with the inter-seeding of the mixture of *Lolium multiflorum* cv. Winterstar II and *Trifolium pratense* cv. LE 116. Four treatments were carried out where the variables were: inter-seeding of species in the pasture, inter-seeding with phosphate fertilization, inter-seeding with phosphate and nitrogen fertilization, and a treatment without renewal. The experimental design used was randomized complete blocks, containing three blocks with four treatments each. The experimental unit is the plot, each one corresponding to a different treatment within each block. The mixtures were grazed with Holando steers, with 4 steers being randomized per treatment, with an initial average weight of 467 kg. The grazing method was rotational, and the criterion for the change of plot was every 15 days, with a frequency of approximately 30 days, where there were two grazing moments whereby each animal went through each block twice. Significant differences were found in favor of non-inter-seeding treatment with respect to available fodder, both in quantity and height, also in missing fodder and in forage production. In all treatments, annual C4 grasses species predominated, mostly of low forage value, however, there were improvements in the botanical composition in the treatments with inter-seeding and with inter-seeding and phosphorus due to the presence of *T. pratense*, while the treatment that has added nitrogen, also presented more content of perennial grasses of high forage value. On the other hand, the presence of *L. multiflorum* was practically nil in all treatments. The treatment with the highest degree of renewal intensification due to the addition of phosphate and nitrogen fertilizer in addition to inter-seeding was the one that presented the best performance in terms of live weight gain, as well as meat production. As for the available over time, significant differences were found in favor of the first time of grazing in quantity and height, as well as in missing fodder, growth rate and forage production.

Keywords: Pastures; Renovation; Production; Inter-seeding.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 99 p.
2. Almada, S.; Palacios, M.; Villalba, S.; Zipitría, G. 2007. Efecto de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
3. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, 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.
4. Altier, N.; Maeso, D. 2005. Enfermedades virales de *Trifolium pratense* en Uruguay. In: Bao, L.; Maeso, D.; Altier, N. eds. Avances de la investigación en el período 1994-2004. Montevideo, INIA. pp. 1-2 (Serie Técnica no. 150).
5. _____. 2010. Enfermedades en pasturas. In: Altier, N.; Rebuffo, N.; Cabrera, K. eds. Enfermedades y plagas en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 19-35 (Serie Técnica no. 183).
6. Álvarez Rumi, N.; Apolinario Ávila, J. E. 2012. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras utilizadas en la renovación de praderas degradadas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 108 p.
7. Alzugaray, R.; Ribeiro, A. 2000. Insectos en pasturas. In: Zerbino, S.; Riveiro, A. eds. Manejo de plagas en pasturas y cultivos. Montevideo, INIA. pp. 13-30 (Serie Técnica no. 112).
8. Ayala, W. 2001. Defoliation management of Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). Tesis PhD. Auckland, New Zealand. Massey University. Institute of Natural Resources. 228 p.

9. _____.; Bemhaja, F.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. s.p. Consultado oct. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300810155513.pdf>

10. _____. 2012. Algunas bases ecofisiológicas para el manejo de pasturas. *In*: Jornadas Internacionales de Actualización Ganadera para la Pampa Húmeda (2^{as.}, 2012, Firmat, Santa Fé, Argentina). Desarrollo ganadero sustentable. Santa Fe, s.e. s.p.

11. _____.; Bemhaja, F.; Cotro, B.; Cuitiño, M. J.; Docanto, J.; García, J.; Gutierrez, F.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2017a. Forrajeras: catálogo de cultivares. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. s.p. Consultado oct. 2019. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php>

12. _____.; Larratea, F.; Herken, G.; Olano, I.; Ruete, R. 2017b. Rol de la festuca en los sistemas ganaderos del este del país. Estudios sobre persistencia. *In*: Día de Campo Unidad Experimental Palo a Pique (2017, Treinta y Tres, Uruguay). Rol de la genética en los sistemas ganaderos. Montevideo, INIA. pp. 23-25.

13. Barthram G.T. 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. *In*: Alcock, M. M. ed. The Hill Farming Research Organization Biennial Report 1984-85. Edinburgh, HFRO. pp. 29-30.

14. Bates, G. H. 1948. An investigation of the cause and prevention of deterioration of leys. *Journal of the British Grassland Association*. 3(3):177-184.

15. Beguet, H. A.; Bavera, G. A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. (en línea). Río Cuarto, Argentina, Universidad Nacional de Río Cuarto. 6 p. Consultado nov. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/04-fisiologia_de_la_planta_pastoreada.pdf?fbclid=IwAR3fkKLCxn6tVwj7GG5-THzJpqjTVrCi3h_WAdMONcDuKIKwfl3KEFwTzQc

16. Bemhaja, M. 1998. Mejoramiento de campo: manejo de leguminosas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63-72 (Serie Técnica no. 102).
17. Bermúdez, R.; Carámbula, M.; Ayala, W. 1996. Introducción de gramíneas en mejoramientos extensivos. In: Jornada Anual de Producción Animal (1996, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-43 (Actividades de Difusión no. 110).
18. Berretta, E.; Risso, D. F.; Bemhaja, M. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de Basalto. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 1-34 (Boletín de Divulgación no. 76).
19. Beretta, V.; Simeone, A.; Eizalde, J. C. 2008. Producción de carne a pasto. In: Beretta, V.; Simeone, A. eds. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 29-31.
20. Boller, B.; Schubiger, F. X.; Kölliker, R. 2010. Red Clover. In: Boller, B.; Posselt, U. K.; Veronesi, F. eds. Fodder Crops and Amenity Grasses. New York, Springer. pp. 439-455 (Handbook of Plant Breeding v. 5).
21. Bottaro, O.; Cuadro, L. W. 2000. Renovación de pasturas engramilladas e instalación de praderas consociadas con tecnología de siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.
22. Bordoli, J. M. 1998. Fertilización de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. Manejo de la fertilidad en sistemas extensivos (cultivos y pasturas). Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 71-79.
23. Brito del Pino, G.; Colella, A.; Crosta, D.; Morales, C. J. 2008. Relevamiento de implantación de pasturas con gramíneas perennes en basamento cristalino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 125 p.

24. Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Hurley, Berks, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Corps. pp. 42-79 (Bulletin no. 42).
25. Buxton, D. R. 1989. Major climatic and edaphic stresses. In: Trilateral Workshop Persistence of Forage Legumes (1988, Hawaii). Proceedings. Hawaii, American Society of Agronomy. pp. 217-232.
26. Campbell, A. G. 1966. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *The Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 67:199-210.
27. Carámbula, M. 1991. Pasturas cultivadas. In: Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. pp. 28-40 (Serie Técnica no. 19).
28. _____.; Ayala, W.; Carriquiry, E.; Bermúdez, R. 1994. Siembra de mejoramientos en cobertura. Montevideo, INIA. 20 p. (Boletín de Divulgación no. 46).
29. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 530 p.
30. _____. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
31. _____. 2003. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
32. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
33. Cianelli, E.; Ottonello, E. 1998. Inclusión de gramíneas en mejoramientos extensivos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 122 p.

34. Clarke, E. A. 1983. Manejo de pasturas. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 6 p. Consultado 11 nov. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/03-manejo_de_pasturas.pdf?fbclid=IwAR3z4En1rR7K8HJRHJsf6QWVdqH8odUYoAw5tr_BI_UrXhUDrjgx16w3-Q
35. De León, M. 2007. Interacciones “pastura-animal”. (en línea). Cuadernillo Clásico de Forrajeras. no. 135:19-20. Consultado 08 nov. 2019. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/128-interacciones_19.pdf
36. Díaz Lago, J. E.; García, J. A.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en la Estanzuela. Montevideo, INIA. pp. 1-9 (Serie Técnica no. 71).
37. Durán, A.; Préchac, F. G. 1985. Los suelos del Uruguay: origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. v. 1, 398 p.
38. _____; Califra, A; Molfino, J. H. 1999. Suelos del Uruguay según Soil Taxonomy. (en línea). Montevideo, s.e. 14 p. Consultado 22 ene. 2020. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/1615_suelos_del_uruguay_segun_soil_taxonomy_0.pdf
39. Ferenczi, M. E.; Jaurena, M. A.; Labandera, C. M. 1997. Establecimiento y producción inicial de mejoramientos de campo realizados en cobertura y siembra directa con diferentes tipos y dosis de herbicidas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 70 p.
40. Folgar, L. H.; Vega, G. 2013. Efecto de la dotación animal sobre la producción invierno-primaveral de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de tercer año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 117 p.

41. Fontes, J. P.; Umpiérrez, M. A. 2015. Efecto de la dotación sobre la producción de forraje y carne. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.
42. Formoso, F. 1982. Manejo tendiente a mantener la productividad de pasturas. In: Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas Cultivadas (1982, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, IICA. pp. 74-75.
43. _____. 1993. *Lotus corniculatus*. I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
44. _____. 2007. Manual para la siembra directa. Montevideo, INIA. pp. 83-90 (Serie Técnica no. 161).
45. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, Uruguay, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
46. Frontini, F.; Miller, A. 1999. Renovación de un mejoramiento de campo de *Lotus corniculatus-Trifolium repens* de cinco años. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 80 p.
47. Gallarino, H. 2010. Intensidad y frecuencia de defoliación de una pastura. (en línea). Cuadernillo Clásico de Forrajeras. no. 155:8-9. Consultado 11 nov. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/158-defolicacion_8.pdf
48. Gallinal, J. M.; García Pintos, R.; García Pintos, F. 2016. Respuesta a los niveles de intervención de un campo natural sobre la producción primaria y secundaria. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.
49. Ganzábal, A. 1997. Alimentación de ovinos con pasturas sembradas. Montevideo, INIA. 44 p. (Serie Técnica no. 84).

50. García, J. A.; Formoso, F. A.; Risso, D. F.; Arrospide, C. G.; Ott, P. 1981. Factores que afectan la productividad y estabilidad de las praderas. Miscelánea CIAAB. no. 29. 23 p.
51. _____. 1992. Persistencia de leguminosas. Revista INIA. no. 1:143-156.
52. _____. 1995. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 65).
53. _____. 1996a. Producción de forraje de pasturas cultivadas en la región Litoral Sur. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 163-168 (Serie Técnica no. 80).
54. _____. 1996b. Variedades de trébol blanco. Montevideo, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 70).
55. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, Uruguay, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133).
56. García Favre, J.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. *Agro Sur*. 45(1):3-10.
57. García Petillo, M. 2012. Conceptos básicos para el manejo y diseño de riego. *In*: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (2º., 2012, Salto, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Grupo Desarrollo de Riego. pp. 23-32.
58. Guggeri, J. P.; Laluz, F.; O'Neill, M.; Uriarte, J. P. 2012. Efecto de la fertilización fosfatada en la productividad de primer año de un mejoramiento en cobertura de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 93 p.
59. Hardoy, A.; Danelón, J. L. 1989. Selección de la dieta y consumo de rumiantes en pastoreo (en línea). *Nutrición Animal Aplicada*. 2(8):32-34. Consultado 07 nov. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose_Danelon/publication/268353124_SELECCION_DE_LA_DIETA_Y_CONSUMO_DE_RUMIANTES_EN_PASTOREO/links/56cf2faf08ae85c8234486d8.pdf

60. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15(76):663-700.
61. Haynes, R. J.; Williams, P. H. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*. 49:119-199.
62. Hernández, J. 1999. Fósforo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 89 p.
63. Humphreys, M.; Feuerstein, U.; Vandewalle, M.; Baert, J. 2010. Ryegrasses. In: Boller, B.; Posselt, U. K.; Veronesi, F. eds. *Fodder Crops and Amenity Grasses*. New York, Springer. pp. 211-260 (Handbook of Plant Breeding v. 5).
64. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2018. Catálogo. (en línea). Montevideo. 89 p. Consultado oct. 2019. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2018/PubForrajasPeríodo2018.pdf
65. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2019. Cuatro pasos para asegurar la persistencia productiva de festuca y dactylis. *Revista INIA*. no. 58:9-12.
66. Irigoyen, A. 2009. Presupuestación forrajera. *Revista Plan Agropecuario*. no. 12:48-53.
67. Izaguirre, P. 1995. Especies indígenas y subespontaneas del género *Trifolium* (Leguminosae) en el Uruguay. Montevideo, INIA. 22 p. (Serie Técnica no. 58).
68. Jones, R. M. 1984. Persistencia de las especies forrajeras bajo pastoreo. In: Lascano, C.; Pizarro, E. eds. *Evaluación de pasturas con animales, alternativas metodológicas*. Cali, Colombia, CIAT. pp. 167-199.
69. Keim, J. P. 2009. Mejoramiento de una pastura permanente degradada, a través de establecimiento de especies y de la fertilización. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 76 p.

70. Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 514 p.
71. Larrosa, P.; Cordero, M.; Bartaburu, M. 1996. Quema como herramienta en el establecimiento de pasturas en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 141 p.
72. Lesperance, A. L.; Jensen, E. H.; Bohman, V. R.; Madsen, R. A. 1960. Measuring Selective Grazing with Fistulated Steers. (en línea). Journal of Dairy Science. 43(11):1615-1622. Consultado 07 nov. 2019. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(60\)90380-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(60)90380-5)
73. Lombardo, S. 2012. Asignación de forraje. ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? Revista Plan Agropecuario. no. 143:32-35.
74. Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2001. Principles of plant nutrition. Dordrecht, Kluwer. 849 p.
75. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2019. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 255 p.
76. Molfino, J. H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras de Uruguay. Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. División Suelos y Aguas. Dirección Nacional de Recursos Renovables. 12 p.
77. Montossi, F.; Risso, D. F.; Gullermo, D. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).
78. _____; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Berretta, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113).
79. Morón, A. 1992. El fósforo en el sistema suelo-planta. Investigaciones Agronómicas. 1(1):45-60.

80. _____. 1994. Fósforo; disponibilidad y dinámica en el suelo. In: Morón, A.; Martino, D.; Restaino, E. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. pp. 27-31 (Serie Técnica no. 42).
81. _____. 1996a. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 80).
82. _____. 1996b. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 80).
83. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th., 1960, Berkshire, England). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 606-611.
84. Moure, S. 2017. Recursos naturales; resultados de la evaluación de *Lolium multiflorum* Lam. (raigrás anual) en La Estanzuela y Salto. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 161:58-61. Consultado oct. 2019. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/173_2671.pdf
85. Muslera, E.; Ratera, C. 1984. Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento. Madrid, Mundi-Prensa. 702 p.
86. Nabinger, C.; De Faccio Carvalho, P. C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. In: Seminario Producción Animal Limpia, Verde y Ética (13^o., 2009, Montevideo) Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 18-28.
87. Nin Algorta, E.; Posada, J. P.; Tuneu, R. 2014. Efecto de la dotación animal sobre la producción estivo-otoñal de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de cuarto año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
88. Noëll, S. 1998. Estabilidad productiva de las pasturas cultivadas. Cangüé. no. 12:13-18.

89. Noya, R. 1990. Intersiembra de pasturas. Revista del Plan Agropecuario. no. 50:36-37.
90. Núñez, G.; Espinoza, J.; Salinas, H.; Gutiérrez J. M.; Medina G.; Dovel, R. s.f. Guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado en México. México, INIFAP. 33 p.
91. Olaizola, F.; Soares de lima, S.; Velichco, A. 2015. Efecto de la fertilización fosfatada en la productividad de segundo año de un mejoramiento en cobertura de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
92. Olmos, F. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región Noreste. Montevideo, INIA. pp. 1-3 (Boletín de Divulgación no. 64).
93. _____. 2004a. *Trifolium repens*. In: Olmos, F. ed. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con *Trifolium repens* (*Trifolium repens* L.). Montevideo, INIA. pp. 13-52 (Serie Técnica no. 145).
94. _____.; Franco, J.; Sosa, M. 2004b. Variación estacional en la estructura de plantas de trébol blanco en pasturas de la región Noreste. In: Olmos, F. ed. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con *Trifolium repens* (*Trifolium repens* L.). Montevideo, INIA. pp. 219-242 (Serie Técnica no. 145).
95. Padilla, C.; Crespo, G.; Sardiñas, Y. 2009. Degradación y recuperación de pastizales. (en línea). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 43(4):351-354. Consultado 15 nov. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193014888004.pdf>
96. Perdomo, C.; Barbazán, M. 1999. Nitrógeno. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 70 p.
97. Pereira, M. 2008. Recursos naturales: mejorando nuestros campos naturales, ¿qué lotus sembrar? (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 122:36-38. Consultado 29 oct. 2019. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R122/R122_36.pdf

98. Pereyra, J. M.; Lascano, C. 1988. Manejo del pastoreo en el período de formación de la pastura. *In*: Lascano, C.; Spain, J. M. eds. Establecimiento y renovación de pasturas. Veracruz, México, CIAT. pp. 257-267
99. Pérez, J. 2014. Estrategias para la renovación de praderas degradadas en la hacienda los Pulpitos. Tesis Industrial Pecuaria. Caldas-Antioquia, Colombia. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias Industrias Pecuarias. 74 p.
100. PGG Wrightson Seeds. s.f. Pasturas, gramíneas, anuales, Winterstar II. (en línea). s.l. s.p. Consultado 15 feb. 2020. Disponible en https://www.pgw.com.uy/uploads/seeds/W2_web152086936784.pdf
101. Prache S.; Pyraud J. 2001. Foraging behaviour and intake in temperate cultivated grassland. *In*: International Grassland Congress (19th., 2001, São Pedro, Brasil). Proceedings. São Pedro, s.e. pp. 309-316.
102. Rebuffo, M.; García, J. A. 1991. Importancia del ciclo de las variedades forrajeras en los sistemas intensivos. *In*: Restaino, E.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo, INIA. pp. 9-15 (Serie Técnica no. 15).
103. _____. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, Montevideo). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 27-32 (Serie Técnica no. 51).
104. _____.; Altier, N. 1996. Mejoramiento genético en trébol rojo. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 151-154 (Serie Técnica no. 80).
105. Risso, D.; Formoso, F.; Zarza, A. 1982. Utilización y productividad de pasturas cultivadas integradas a procesos intensivos de engorde. Miscelánea. CIAAB. no. 39:1-13.

106. _____. 1991. Siembra en el tapiz: consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre Cristalino. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 71-82 (Serie Técnica no. 13).
107. _____.; Berretta, E. 1996. Mejoramiento de campos. *In*: Curso de Actualización sobre Manejo y Conservación de Suelos (3º., 1996, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 65-71.
108. _____. 1997. Producción de carne sobre pasturas. *In*: Vaz Martins, D. ed. Suplementación estratégica para el engorde de ganado. Montevideo, INIA. pp. 1-6 (Serie Técnica no. 83).
109. _____. 2005. Mejoramientos de campo; asegurando una instalación exitosa. *Revista INIA*. no. 2:2-5.
110. Rodríguez, D. 2005. Estrategias para hacer más eficiente el consumo en bovinos de carne en pastoreo. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Lomas de Zamora. Facultad de Ciencias Agrarias. 3 p. Consultado 09 nov. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/45-mas_eficiente_e_%20consumo.pdf
111. Rognli, O. A.; Saha, M. C.; Bhamidimarri, S.; Van Der Heiden, S. 2010. Fescues. *In*: Boller, B.; Posselt, U. K.; Veronesi, F. eds. Fodder crops and amenity grasses. New York, Springer. pp. 261-292 (Handbook of Plant Breeding v. 5).
112. Saldanha, S. 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de basalto y suelos arenosos de cretácico. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 75-84 (Serie Técnica no. 151).
113. Santiñaque, F. H. 1981. El fósforo en relación con la persistencia y productividad en pasturas convencionales. *Miscelánea CIAAB*. no. 37. 9 p.

114. Sevilla, G. M.; Fernández, O. N. 1991. Leguminosas forrajeras herbáceas; emergencia y establecimiento de plántulas. (en línea). Revista Agropecuaria. Producción Animal. 11(4):419-429. Consultado 18 feb. 2011. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/69-emergencia_y_establecimiento_plantulas.pdf?fbclid=IwAR1eA16rPbWLLeCjaWmvNYOWF8N36AOTfyQ81QgfIW4WAasvh3uPBf8S2FM
115. Silveira, D. 2015. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la composición química de *Lotus tenuis* y *Trifolium repens*. Agrociencia (Uruguay). 19(2):49-58.
116. Smetham, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. In: Langer, R. H. M. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 209-270.
117. Spain, J. M.; Gualdrón, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. In: Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (6ª., 1991, Veracruz, México). Establecimiento y renovación de pasturas, conceptos, experiencias y enfoque de la investigación: memorias. Cali, CIAT. pp. 269-281.
118. Taboada, M. A. 2007. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. (en línea). In: Simposio de Ganadería en Siembra Directa (4º., 2007, Potrero de los Funes, San Luis), Trabajos presentados. San Luis, AAPRESID. pp. 71-83. Consultado 09 nov. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/49-efectos_pisoteo.pdf?fbclid=IwAR1eA16rPbWLLeCjaWmvNYOWF8N36AOTfyQ81QgfIW4WAasvh3uPBf8S2FM
119. Tamagnini, M. 2002. Manejo de las deyecciones del ganado. (en línea). Rosario, s.e. s.p. Consultado 09 nov. 2019. Disponible en http://usuarios.trcnet.com.ar/ediyile/Ensayos/ensayo_21.htm
120. Tarazona, A. M.; Ceballos, M. C.; Naranjo J. F.; Cuartas, C. A. 2012. factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 25(3):1-10. Consultado 08 nov. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295024923015.pdf>

121. Tozer, K. N.; Cameron, C. A.; Thom, E. R. 2011a. Pasture persistence: farmer observations and field measurements. *Pasture Persistence*. In: *Pasture Persistence Symposium (2011, Hamilton)*. Proceedings. *Grassland Research and Practice Series*. 15:25-30.
122. _____; Bourdot, G. W.; Edwards, G. R. 2011b. What processes lead to poor pasture persistence and weed ingress? *Pasture Persistence*. In: *Pasture Persistence Symposium (2011, Hamilton)*. Proceedings. *Grassland Research and Practice Series*. 15:129-137.
123. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 1997. *Forrajeras*. Montevideo. t.2. 153 p.
124. Vega, J. 1983. Renovación de pasturas dominadas por *Festuca arundinacea* o *Cynodon dactylon*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 103 p.
125. Zamalvide, J. P. 1996. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo (II). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. *Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay*. Montevideo, INIA. pp. 45-49 (Serie Técnica no. 76).
126. Zanoniani, R.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género *Lotus* en el Uruguay. *Cangüé*. no. 25:5-11.
127. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia (Uruguay)*. 14(3):26-30.
128. _____. 2014. Productividad de pasturas sembradas pastoreadas con novillos Holando. In: *Jornadas Uruguayas de Buiatría (42^{as}., 2014, Paysandú, Uruguay)*. Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. pp. 70-76.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Análisis de varianza de las variables de producción de forraje

Forraje disponible total (kg MS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Disp. total Kg/Ha	24	0,75	0,59	19,00

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	34796180,75	9	3866242,31	4,64	0,0054
Momento	13620266,67	1	13620266,67	16,36	0,0012
Bloque	5206992,25	2	2603496,13	3,13	0,0754
Tratamiento	14316514,17	3	4772171,39	5,73	0,0090
Momento*tratamiento	1652407,67	3	550802,56	0,66	0,5892
Error	11654271,75	14	832447,98		
Total	46450452,50	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=656,05273

Error: 832447,9821 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	5556,08	12	263,38 A
2	4049,42	12	263,38 B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1327,04412

Error: 832447,9821 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	5910,33	6	372,48 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	4874,67	6	372,48 A B
Int. t.r.+rg.	4691,83	6	372,48 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	3734,17	6	372,48 B

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

Forraje disponible inicial (kg MS/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Disp. ini. Kg/Ha	24	0,71	0,52	20,45

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	20915109,35	9	2323901,04	3,81	0,0126
Momento	6307543,07	1	6307543,07	10,34	0,0062
Bloque	4554833,37	2	2277416,69	3,73	0,0501
Tratamiento	8927264,50	3	2975754,83	4,88	0,0158
Momento*tratamiento	1125468,40	3	375156,13	0,62	0,6164
Error	8536749,56	14	609767,83		
Total	29451858,91	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=561,49054

Error: 609767,8257 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	4331,83	12	225,42 A
2	3306,52	12	225,42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1135,76652**

Error: 609767,8257 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	4646,92	6	318,79 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	3896,73	6	318,79 A B
Int. t.r.+rg.	3806,35	6	318,79 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	2926,68	6	318,79 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Forraje remanente (kg MS/ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Rem. Kg/Ha	24	0,74	0,56	24,54

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	8694057,34	9	966006,37	4,32	0,0074
Momento	1107895,51	1	1107895,51	4,95	0,0430
Bloque	5615794,15	2	2807897,07	12,55	0,0008
Tratamiento	340307,83	3	113435,94	0,51	0,6837
Momento*tratamiento	1630059,85	3	543353,28	2,43	0,1086
Error	3131420,22	14	223672,87		
Total	11825477,56	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=340,06885

Error: 223672,8729 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	2141,90	12	136,53 A
2	1712,19	12	136,53 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=687,88124**

Error: 223672,8729 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembr	1998,85	6	193,08 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	1996,97	6	193,08 A
Int. t.r.+rg.	1991,52	6	193,08 A
Int. t.r.+rg. 18:46	1720,85	6	193,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Altura promedio disponible (cm)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Alt. Disp.	24	0,83	0,73	13,09

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	700,90	9	77,88	7,74	0,0004
Momento	426,73	1	426,73	42,43	<0,0001
Bloque	167,90	2	83,95	8,35	0,0041
Tratamiento	103,29	3	34,43	3,42	0,0469
Momento*tratamiento	2,99	3	1,00	0,10	0,9593
Error	140,79	14	10,06		
Total	841,68	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,28023

Error: 10,0563 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	28,45	12	0,92 A
2	20,02	12	0,92 B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=4,61238

Error: 10,0563 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	27,68	6	1,29 A
Int. t.r.+rg.	23,57	6	1,29 A B
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	23,54	6	1,29 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	22,14	6	1,29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Altura promedio remanente (cm)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Alt. rem.	24	0,87	0,79	18,00

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	542,01	9	60,22	10,38	0,0001
Momento	161,41	1	161,41	27,81	0,0001
Bloque	341,46	2	170,73	29,42	<0,0001
Tratamiento	7,98	3	2,66	0,46	0,7158
Momento*tratamiento	31,17	3	10,39	1,79	0,1952
Error	81,24	14	5,80		
Total	623,26	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1,73218

Error: 5,8031 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	15,97	12	0,70 A
2	10,79	12	0,70 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=3,50379**

Error: 5,8031 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46	14,14	6	0,98 A
Sin intersiembra	13,70	6	0,98 A
Int. t.r.+rg.	13,03	6	0,98 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	12,66	6	0,98 A

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

Altura promedio desaparecida (cm)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Alt. desap.	24	0,50	0,18	38,01

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	237,51	9	26,39	1,55	0,2231
Momento	63,37	1	63,37	3,72	0,0743
Bloque	33,54	2	16,77	0,98	0,3981
Tratamiento	108,31	3	36,10	2,12	0,1436
Momento*tratamiento	32,30	3	10,77	0,63	0,6065
Error	238,46	14	17,03		
Total	475,98	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,96762

Error: 17,0332 g.l.: 14

<u>Momento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	12,48	12	1,19 A
2	9,23	12	1,19 B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=6,00281

Error: 17,0332 g.l.: 14

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Sin intersiembra	14,00	6	1,68 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	10,88	6	1,68 A
Int. t.r.+rg.	10,53	6	1,68 A
Int. t.r.+rg. 18:46	8,02	6	1,68 A

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

Crecimiento en altura (cm)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Crec. alt.	24	0,87	0,79	29,23

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	795,29	9	88,37	10,79	0,0001
Momento	759,38	1	759,38	92,71	<0,0001
Bloque	1,33	2	0,67	0,08	0,9223
Tratamiento	19,79	3	6,60	0,81	0,5115
Momento*tratamiento	14,79	3	4,93	0,60	0,6244
Error	114,67	14	8,19		
Total	909,96	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,05785

Error: 8,1905 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	15,42	12	0,83 A
2	4,17	12	0,83 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=4,16257**

Error: 8,1905 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	11,00	6	1,17 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	10,33	6	1,17 A
Int. t.r.+rg.	9,00	6	1,17 A
Int. t.r.+rg. 18:46	8,83	6	1,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Forraje desaparecido (kg MS/ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Des. Kg/Ha	24	0,54	0,25	38,82

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	20819680,22	9	2313297,80	1,86	0,1444
Momento	6960004,81	1	6960004,81	5,59	0,0331
Bloque	92536,04	2	46268,02	0,04	0,9636
Tratamiento	11080746,16	3	3693582,05	2,96	0,0684
Momento*tratamiento	2686393,22	3	895464,41	0,72	0,5572
Error	17443452,60	14	1245960,90		
Total	38263132,81	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=802,62448

Error: 1245960,8998 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	3414,23	12	322,23 A
2	2337,20	12	322,23 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1623,52514**

Error: 1245960,8998 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembr	3911,35	6	455,70 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	2877,63	6	455,70 A B
Int. t.r.+rg.	2700,45	6	455,70 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	2013,43	6	455,70 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Utilización del forraje (%)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
% Util.	24	0,44	0,08	24,99

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	2362,75	9	262,53	1,22	0,3540
Momento	66,67	1	66,67	0,31	0,5859
Bloque	1125,58	2	562,79	2,63	0,1076
Tratamiento	424,83	3	141,61	0,66	0,5898
Momento*tratamiento	745,67	3	248,56	1,16	0,3600
Error	3001,08	14	214,36		
Total	5363,83	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=10,52774

Error: 214,3631 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	60,25	12	4,23 A
2	56,92	12	4,23 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=21,29520

Error: 214,3631 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	65,17	6	5,98 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	58,33	6	5,98 A
Int. t.r.+rg.	57,33	6	5,98 A
Int. t.r.+rg. 18:46	53,50	6	5,98 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Tasa de crecimiento (kg MS/día)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
T. crec.	24	0,67	0,45	37,16

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	12179,65	9	1353,29	3,12	0,0278
Momento	8037,36	1	8037,36	18,53	0,0007
Bloque	717,31	2	358,65	0,83	0,4577
Tratamiento	2782,19	3	927,40	2,14	0,1412
Momento*tratamiento	642,79	3	214,26	0,49	0,6922
Error	6072,73	14	433,77		
Total	18252,38	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=14,97574

Error: 433,7666 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	74,35	12	6,01 A
2	37,75	12	6,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=30,29248**

Error: 433,7666 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	72,43	6	8,50 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	57,50	6	8,50 A
Int. t.r.+rg.	51,27	6	8,50 A
Int. t.r.+rg. 18:46	43,00	6	8,50 A

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

Producción de forraje (kg MS/ha)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Prod. for.	24	0,77	0,61	27,67

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	26945265,25	9	2993918,36	5,08	0,0036
Momento	18106488,17	1	18106488,17	30,70	0,0001
Bloque	782685,25	2	391342,62	0,66	0,5305
Tratamiento	6295679,67	3	2098559,89	3,56	0,0422
Momento*tratamiento	1760412,17	3	586804,06	0,99	0,4239
Error	8258312,75	14	589879,48		
Total	35203578,00	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=552,25777

Error: 589879,4821 g.l.: 14

<u>Momento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	3644,58	12	221,71 A
2	1907,42	12	221,71 B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1117,09075

Error: 589879,4821 g.l.: 14

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Sin intersiembra	3575,17	6	313,55 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	2825,17	6	313,55 A B
Int. t.r.+rg.	2507,33	6	313,55 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	2196,33	6	313,55 B

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

Producción de forraje en momento de pastoreo 1 (kg MS/ha)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Prod. for.	12	0,73	0,51	17,44

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	6660408,08	5	1332081,62	3,30	0,0892
Tratamiento	4296410,92	3	1432136,97	3,55	0,0875
Bloque	2363997,17	2	1181998,58	2,93	0,1297
Error	2422752,83	6	403792,14		
Total	9083160,92	11			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1491,39071

Error: 403792,1389 g.l.: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	4328,67	3	366,88 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	3851,33	3	366,88 A B
Int. t.r.+rg.	3711,33	3	366,88 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	2687,00	3	366,88 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Producción de forraje en momento de pastoreo 2 (kg MS/ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Prod. for.	12	0,70	0,44	33,44

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	5573534,08	5	1114706,82	2,74	0,1259
Tratamiento	3759680,92	3	1253226,97	3,08	0,1118
Bloque	1813853,17	2	906926,58	2,23	0,1888
Error	2440394,83	6	406732,47		
Total	8013928,92	11			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1496,81086

Error: 406732,4722 g.l.: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	2821,67	3	368,21 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	1799,00	3	368,21 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	1705,67	3	368,21 A B
Int. t.r.+rg.	1303,33	3	368,21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Producción de forraje Total (kg MS/ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Forraje producido (kg/ha)	12	0,76	0,57	15,35

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	14162751,50	5	2832550,30	3,90	0,0640
Tratamiento	02597607,47	3	4199202,49	5,78	0,0334
Bloque	1565144,03	2	782572,01	1,08	0,3983
Error	4357838,08	6	726306,35		
Total	18520589,58	11			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2000,19539

Error: 726306,3467 g.l.: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	7150,80	3	492,04 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	5650,70	3	492,04 A B
Int. t.r.+rg.	5014,40	3	492,04 B
Int. t.r.+rg. 18:46	4392,57	3	492,04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Anexo No. 2. Análisis de varianza de las variables de composición botánica****Cantidad de lotus disponible (Kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Disp. lotus (Kg/Ha)	24	0,58	0,31	97,48

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	559231,92	9	62136,88	2,17	0,0939
Momento	1120,67	1	1120,67	0,04	0,8461
Bloque	200296,58	2	100148,29	3,49	0,0587
Tratamiento	304484,33	3	101494,78	3,54	0,0427
Momento*tratamiento	53330,33	3	17776,78	0,62	0,6134
Error	401231,42	14	28659,39		
Total	960463,33	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=121,72888

Error: 28659,3869 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	180,50	12	48,87 A
1	166,83	12	48,87 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=246,22960**

Error: 28659,3869 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	289,83	6	69,11 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	280,17	6	69,11 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	86,00	6	69,11 A B
Int. t.r.+rg.	38,67	6	69,11 B

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

Cantidad de trébol rojo disponible (Kg MS/Ha)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Disp. t.r. (Kg/Ha)	24	0,76	0,60	73,00

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	4933790,58	9	548198,95	4,80	0,0046
Momento	124704,17	1	124704,17	1,09	0,3140
Bloque	2878316,58	2	1439158,29	12,59	0,0007
Tratamiento	1802827,00	3	600942,33	5,26	0,0122
Momento*tratamiento	127942,83	3	42647,61	0,37	0,7737
Error	1600388,75	14	114313,48		
Total	6534179,33	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=243,11341

Error: 114313,4821 g.l.: 14

<u>Momento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	535,25	12	97,60 A
1	391,08	12	97,60 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=491,76265

Error: 114313,4821 g.l.: 14

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	734,00	6	138,03 A
Int. t.r.+rg.	581,67	6	138,03 A
Int. t.r.+rg. 18:46	530,50	6	138,03 A
Sin intersiembra	6,50	6	138,03 B

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

Cantidad de trébol blanco disponible (Kg MS/Ha)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Disp. t.b. (Kg/Ha)	24	0,46	0,11	151,43

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	71269,96	9	7918,88	1,33	0,3051
Momento	287,04	1	287,04	0,05	0,8294
Bloque	2690,33	2	1345,17	0,23	0,8006
Tratamiento	33957,46	3	11319,15	1,90	0,1759
Momento*tratamiento	34335,13	3	11445,04	1,92	0,1724
Error	83361,00	14	5954,36		
Total	154630,96	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=55,48526

Error: 5954,3571 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	54,42	12	22,28 A
1	47,50	12	22,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=112,23395**

Error: 5954,3571 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	115,33	6	31,50 A
Int. t.r.+rg.	37,33	6	31,50 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	30,17	6	31,50 A
Int. t.r.+rg. 18:46	21,00	6	31,50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad de raigrás disponible (kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Disp. rg. (kg/Ha)	24	0,35	0,00	270,22

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	300,75	9	33,42	0,84	0,5929
Momento	32,67	1	32,67	0,82	0,3800
Bloque	102,08	2	51,04	1,28	0,3076
Tratamiento	132,00	3	44,00	1,11	0,3793
Momento*tratamiento	34,00	3	11,33	0,29	0,8354
Error	556,58	14	39,76		
Total	857,33	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=4,53379

Error: 39,7560 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	3,50	12	1,82 A
1	1,17	12	1,82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=9,17081**

Error: 39,7560 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	5,00	6	2,57 A
Int. t.r.+rg.	4,33	6	2,57 A
Int. t.r.+rg. 18:46	0,00	6	2,57 A
Sin intersiembra	0,00	6	2,57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad de gramíneas de alto valor forrajero disponible (kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Disp. gram. (kg/Ha)	24	0,52	0,21	110,00

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	549287,08	9	61031,90	1,68	0,1865
Momento	84253,50	1	84253,50	2,31	0,1505
Bloque	7765,75	2	3882,88	0,11	0,8996
Tratamiento	354594,33	3	118198,11	3,25	0,0542
Momento*tratamiento	102673,50	3	34224,50	0,94	0,4478
Error	509934,92	14	36423,92		
Total	1059222,00	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=137,23142

Error: 36423,9226 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	232,75	12	55,09 A
2	114,25	12	55,09 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=277,58767

Error: 36423,9226 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	358,50	6	77,91 A
Sin intersiembra	201,67	6	77,91 A B
Int. t.r.+rg.	93,00	6	77,91 A B
Int. t.r.+rg. 18:46	40,83	6	77,91 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad de malezas disponible (Kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Disp. malezas (Kg/Ha)	24	0,78	0,64	28,18

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	46614218,25	9	5179357,58	5,52	0,0024
Momento	20988880,67	1	20988880,67	22,38	0,0003
Bloque	12290513,08	2	6145256,54	6,55	0,0098
Tratamiento	12958583,50	3	4319527,83	4,61	0,0192
Momento*tratamiento	376241,00	3	125413,67	0,13	0,9383
Error	13128363,58	14	937740,26		
Total	59742581,83	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=696,30814

Error: 937740,2560 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	4371,08	12	279,54 A
2	2500,75	12	279,54 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1408,47159**

Error: 937740,2560 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	4570,67	6	395,34 A
Int. t.r.+rg.	3489,83	6	395,34 A B
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	3126,83	6	395,34 B
Int. t.r.+rg. 18:46	2556,33	6	395,34 B

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

Cantidad de restos secos en disponible (kg/ha)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
R. secos	24	0,55	0,26	54,83

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1304441,58	9	144937,95	1,89	0,1372
Momento	584688,17	1	584688,17	7,64	0,0152
Bloque	223525,58	2	111762,79	1,46	0,2656
Tratamiento	470401,00	3	156800,33	2,05	0,1534
Momento*tratamiento	25826,83	3	8608,94	0,11	0,9514
Error	1071943,75	14	76567,41		
Total	2376385,33	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=198,96751

Error: 76567,4107 g.l.: 14

<u>Momento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	660,75	12	79,88 A
1	348,58	12	79,88 B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=402,46562

Error: 76567,4107 g.l.: 14

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Sin intersiembra	726,67	6	112,97 A
Int. t.r.+rg. 18:46	500,33	6	112,97 A
Int. t.r.+rg.	447,83	6	112,97 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	343,83	6	112,97 A

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

Suelo descubierto en disponible (%)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
S. d. %	24	0,46	0,11	89,51

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	206,22	9	22,91	1,32	0,3093
Momento	7,15	1	7,15	0,41	0,5313
Bloque	130,50	2	65,25	3,76	0,0493
Tratamiento	45,50	3	15,17	0,87	0,4779
Momento*tratamiento	23,06	3	7,69	0,44	0,7260
Error	242,98	14	17,36		
Total	449,20	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,99558

Error: 17,3557 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	5,20	12	1,20 A
2	4,11	12	1,20 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=6,05937**

Error: 17,3557 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46	6,97	6	1,70 A
Int. t.r.+rg.	4,17	6	1,70 A
Sin intersiembra	4,15	6	1,70 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	3,33	6	1,70 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad lotus remanente (Kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Rem. lotus (Kg/Ha)	24	0,42	0,05	147,99

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	9612,04	9	1068,00	1,15	0,3950
Momento	92,04	1	92,04	0,10	0,7579
Bloque	3997,75	2	1998,88	2,15	0,1539
Tratamiento	4378,79	3	1459,60	1,57	0,2417
Momento*tratamiento	1143,46	3	381,15	0,41	0,7489
Error	13043,58	14	931,68		
Total	22655,63	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=21,94798

Error: 931,6845 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	22,58	12	8,81 A
2	18,67	12	8,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=44,39574**

Error: 931,6845 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembr	35,67	6	12,46 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	32,33	6	12,46 A
Int. t.r.+rg.	9,33	6	12,46 A
Int. t.r.+rg. 18:46	5,17	6	12,46 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad trébol rojo remanente (Kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Rem. t.r. (Kg/Ha)	24	0,70	0,50	107,92

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	881257,63	9	97917,51	3,56	0,0167
Momento	47437,04	1	47437,04	1,72	0,2103
Bloque	623125,33	2	311562,67	11,32	0,0012
Tratamiento	165876,13	3	55292,04	2,01	0,1590
Momento*tratamiento	44819,13	3	14939,71	0,54	0,6608
Error	385245,33	14	27517,52		
Total	1266502,96	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=119,27924

Error: 27517,5238 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	198,17	12	47,89 A
1	109,25	12	47,89 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=241,27453

Error: 27517,5238 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	221,83	6	67,72 A
Int. t.r.+rg.	211,00	6	67,72 A
Int. t.r.+rg. 18:46	168,00	6	67,72 A
Sin intersiembra	14,00	6	67,72 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad trébol blanco remanente (Kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Rem t.b. (Kg/Ha)	24	0,43	0,07	209,90

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	15410,21	9	1712,25	1,19	0,3696
Momento	2380,04	1	2380,04	1,66	0,2185
Bloque	5628,58	2	2814,29	1,96	0,1773
Tratamiento	4979,46	3	1659,82	1,16	0,3607
Momento*tratamiento	2422,13	3	807,38	0,56	0,6482
Error	20076,75	14	1434,05		
Total	35486,96	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=27,22970

Error: 1434,0536 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	28,00	12	10,93 A
1	8,08	12	10,93 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=55,07944**

Error: 1434,0536 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	40,00	6	15,46 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	21,67	6	15,46 A
Int. t.r.+rg. 18:46	7,17	6	15,46 A
Int. t.r.+rg.	3,33	6	15,46 A

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

Cantidad raigrás remanente (kg MS/Ha)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Rem rg. (kg/Ha)	24	0,33	0,00	186,03

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	507,21	9	56,36	0,76	0,6526
Momento	1,04	1	1,04	0,01	0,9073
Bloque	318,25	2	159,13	2,15	0,1534
Tratamiento	69,79	3	23,26	0,31	0,8148
Momento*tratamiento	118,13	3	39,37	0,53	0,6678
Error	1036,42	14	74,03		
Total	1543,63	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=6,18676

Error: 74,0298 g.l.: 14

<u>Momento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
2	4,83	12	2,48 A
1	4,42	12	2,48 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=12,51440

Error: 74,0298 g.l.: 14

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	7,33	6	3,51 A
Int. t.r.+rg. 18:46	4,83	6	3,51 A
Int. t.r.+rg.	3,17	6	3,51 A
Sin intersiembra	3,17	6	3,51 A

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

Cantidad gramíneas de alto valor forrajero remanente (kg MS/Ha)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Rem. gram. (kg/Ha)	24	0,23	0,00	129,07

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	46382,58	9	5153,62	0,47	0,8712
Momento	504,17	1	504,17	0,05	0,8332
Bloque	14452,08	2	7226,04	0,66	0,5323
Tratamiento	26899,50	3	8966,50	0,82	0,5048
Momento*tratamiento	4526,83	3	1508,94	0,14	0,9358
Error	153325,25	14	10951,80		
Total	199707,83	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=75,24940

Error: 10951,8036 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	85,67	12	30,21 A
1	76,50	12	30,21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=152,21226**

Error: 10951,8036 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	117,33	6	42,72 A
Sin intersiembra	108,83	6	42,72 A
Int. t.r.+rg.	62,33	6	42,72 A
Int. t.r.+rg. 18:46	35,83	6	42,72 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad malezas remanente (Kg MS/Ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Rem. malezas (Kg/Ha)	24	0,85	0,75	29,26

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	10536959,75	9	1170773,31	8,55	0,0003
Momento	2418080,17	1	2418080,17	17,65	0,0009
Bloque	7169943,25	2	3584971,63	26,17	<0,0001
Tratamiento	98090,17	3	32696,72	0,24	0,8679
Momento*tratamiento	850846,17	3	283615,39	2,07	0,1502
Error	1917712,75	14	136979,48		
Total	12454672,50	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=266,12640

Error: 136979,4821 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
1	1582,17	12	106,84 A
2	947,33	12	106,84 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=538,31263**

Error: 136979,4821 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembr	1354,83	6	151,10 A
Int. t.r.+rg.	1290,67	6	151,10 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	1227,17	6	151,10 A
Int. t.r.+rg. 18:46	1186,33	6	151,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Cantidad de restos secos en remanente (kg/ha)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Rem. r. secos	24	0,46	0,12	42,11

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	317567,75	9	35285,31	1,35	0,2972
Momento	49504,17	1	49504,17	1,89	0,1906
Bloque	59663,08	2	29831,54	1,14	0,3478
Tratamiento	56124,33	3	18708,11	0,71	0,5593
Momento*tratamiento	152276,17	3	50758,72	1,94	0,1696
Error	366363,58	14	26168,83		
Total	683931,33	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=116,31945

Error: 26168,8274 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	429,58	12	46,70 A
1	338,75	12	46,70 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=235,28755

Error: 26168,8274 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin intersiembra	442,33	6	66,04 A
Int. t.r.+rg.	411,17	6	66,04 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	370,00	6	66,04 A
Int. t.r.+rg. 18:46	313,17	6	66,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Suelo descubierto en remanente (%)**

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Rem. s. d. %	24	0,36	0,00	67,03

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	325,03	9	36,11	0,88	0,5648
Momento	202,42	1	202,42	4,93	0,0435
Bloque	69,68	2	34,84	0,85	0,4491
Tratamiento	15,13	3	5,04	0,12	0,9451
Momento*tratamiento	37,79	3	12,60	0,31	0,8202
Error	575,14	14	41,08		
Total	900,18	23			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=4,60876

Error: 41,0817 g.l.: 14

Momento	Medias	n	E.E.
2	12,47	12	1,85 A
1	6,66	12	1,85 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey alfa=0,10 DMS=9,32247**

Error: 41,0817 g.l.: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46	10,90	6	2,62 A
Int. t.r.+rg.	9,40	6	2,62 A
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	9,07	6	2,62 A
Sin intersiembra	8,88	6	2,62 A

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

Anexo No. 3. Análisis de varianza de la ganancia de peso vivo

Ganancia de peso vivo (kg/a/d)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C.V.
Gan. p.v. kg/a/d	16	0,32	0,07	56,10

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor	Coef
Modelo	0,44	4	0,11	1,27	0,3386	
Tratamiento	0,32	3	0,11	1,23	0,3441	
Peso inicial	0,14	1	0,14	1,57	0,2359	-1,7E-03
Error	0,95	11	0,09			
Total	1,39	15				

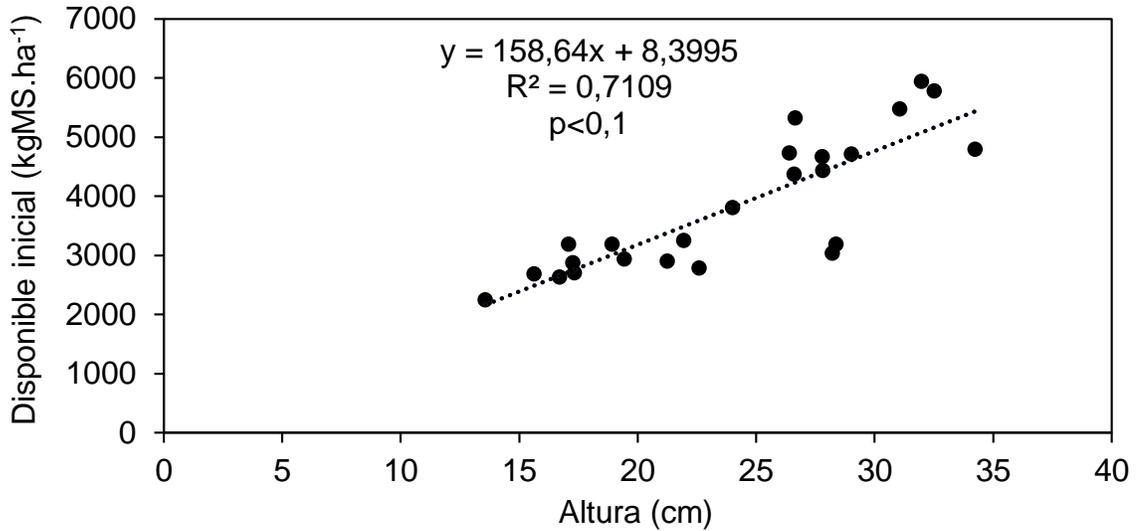
Test: Tukey alfa=0,10 DMS=0,53677

Error: 0,0861 g.l.: 11

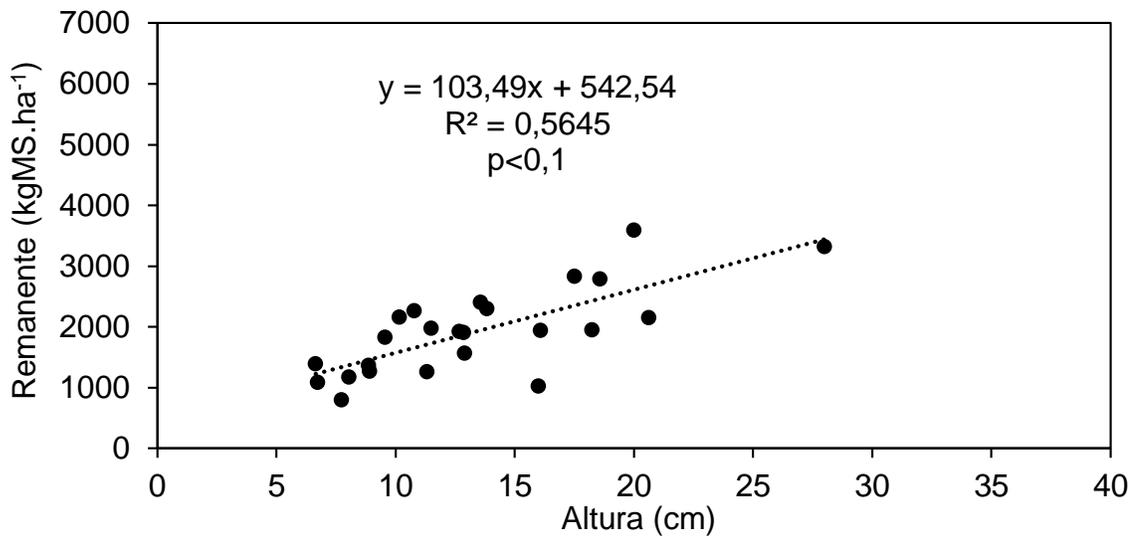
Tratamiento	Medias	n	E.E.
Int. t.r.+rg. 18:46+urea	0,75	4	0,15 A
Int. t.r.+rg. 18:46	0,50	4	0,15 A
Int. t.r.+rg.	0,48	4	0,15 A
Sin intersiembra	0,36	4	0,15 A

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

Anexo No. 4. Relación altura-forraje

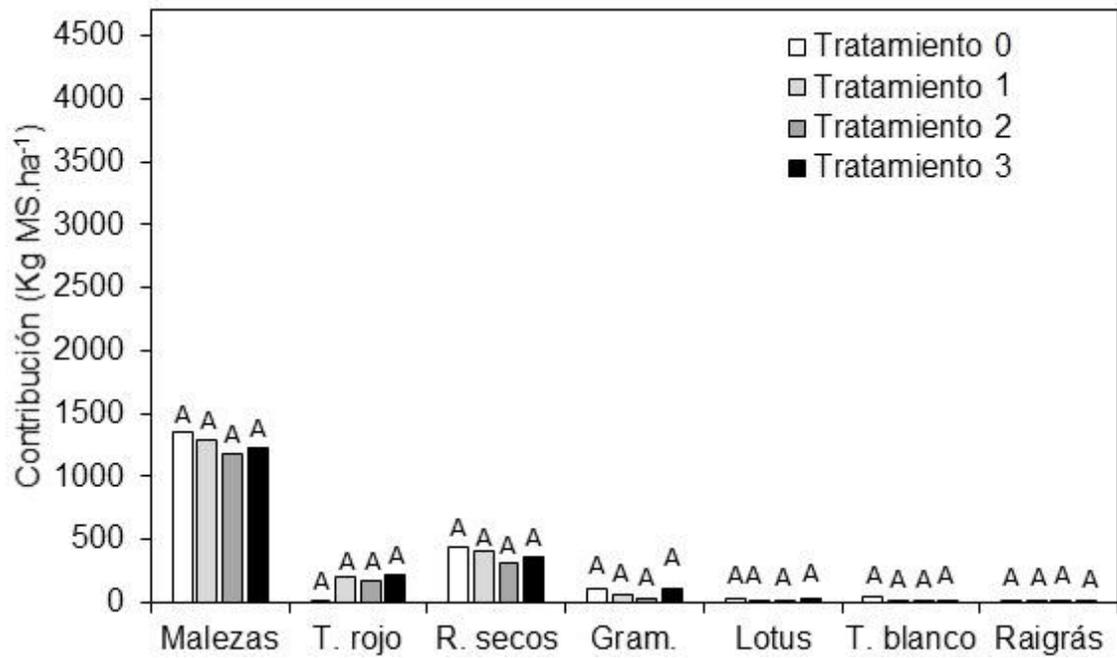


Relación entre la altura promedio en el momento de ingreso de los animales y la disponibilidad de forraje inicial medida en kg MS/ha.



Relación entre la altura promedio en el momento de salida de los animales y el remanente de forraje medida en kg MS/ha.

Anexo No. 5. Composición botánica en el remanente



Contribución promedio por componente en función del tratamiento en el remanente.