UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y CARNE O GRANO BAJO TRES ROTACIONES

por

Jorge Tomás BARTESAGHI
Joaquín NAVARRO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2021

Tesis aprobada por:

Director: ……..
Ing. Agr. Mag. Ramiro Zanoniani

……..
Ing. Agr. Mag. Felipe Casalás

……..……
Ing. Agr. Pablo Boggiano PhD.

……..……
Ing. Agr. Magdalena Mailhos

Fecha: 23 de diciembre de 2021

Autores: ……
Jorge Tomás Bartesaghi Boutmy

……
Joaquín Navarro Viana

AGRADECIMIENTOS

A nuestros tutores Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zannoniani, Ing. Agr. MSc. Felipe Casalás, por el apoyo brindado durante todo el proceso de realización de dicha tesis.

Al personal de EEMAC, en particular al equipo de personas que trabaja en el laboratorio número uno y personal de biblioteca.

A nuestras familias, por acompañarnos durante todo el proceso de formación, y permitirnos concretar esta vocación por la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN II
AGRADECIMIENTOS III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES VII
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. OBJETIVOS 2
1.1.1. Objetivo general 2
1.1.2. Objetivos específicos 2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES 3
2.1.1. *Lolium multiflorum* 3
2.1.1.1. Cultivares utilizados 4
2.1.2. *Trifolium pratense* 5
2.1.2.2. Estanzuela 116 5
2.1.3. *Glycine max* 6
2.2. MEZCLAS FORRAJERAS 7
2.2.1. Importancia de las mezclas 8
2.2.2. Composición de la mezcla 9
2.2.3. Aporte de nitrógeno 10
2.3. ROTACIÓN DE CULTIVOS 11
2.3.1. Utilización de cultivos de cobertura 12
2.4. PASTOREO 14
2.4.1. Aspectos generales del pastoreo 14
2.4.2. Manejo del pastoreo 15
2.4.3. Parámetros que definen el pastoreo 16
2.4.3.1. Frecuencia 16
2.4.3.2. Intensidad 17
2.4.4. Efectos sobre las especies que componen la mezcla 18
2.4.5. Efectos sobre la fisiología de las plantas 18
2.4.6. Efecto del pastoreo sobre el rebrote 19
2.4.7. Efectos sobre el desarrollo radicular 20
2.4.8. Efectos sobre la morfología y estructura 21
2.4.9. Efectos en la composición botánica de la pastura 21
2.5. PRODUCCIÓN ANIMAL 23
2.5.1. Aspectos generales de la producción animal 23
2.5.2. Relación consumo – disponibilidad – pastura 24
2.5.3. Relación asignación de forraje – consumo 25

2.6. RENDIMIENTO EN SOJA 26
2.7. COMPACTACIÓN 28
2.8. EFECTOS DE LA COMPACTACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE SOJA 28

3. MATERIALES Y MÉTODOS 31

3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL 31
3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO EXPERIMENTAL 31
3.3. ANTECEDENTES DEL ÁREA EXPERIMENTAL 31
3.4. TRATAMIENTOS 32
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL 33
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL 33
3.7. MEDICIONES DE LAS PRINCIPALES VARIABLES 34
3.7.1. Forraje disponible y remanente 34
3.7.2. Altura del forraje disponible y remanente 34
3.7.3. Producción de forraje 35
3.7.4. Materia seca desaparecida 35
3.7.5. Porcentaje de utilización 35
3.7.6. Composición botánica 35
3.7.7. Peso animal 35
3.7.8. Ganancia de peso promedio diaria 35
3.7.9. Oferta de forraje 36
3.7.10. Producción de peso vivo 36
3.7.11. Rendimiento de soja 36
3.8. HIPÓTESIS 37
3.8.1. Hipótesis biológica 37
3.8.2. Hipótesis estadística 37
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 37
3.10. MODELO ESTADÍSTICO 38

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39

4.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 39
4.2. DISPONIBLE Y REMANENTE 41
4.3. PRODUCCIÓN DE FORRAJE 43
4.4. TASA DE CRECIMIENTO 44
4.5. FORRAJE DESAPARECIDO 45
4.6. COMPOSICIÓN BOTÁNICA DEL FORRAJE 46
4.7. OFERTA DE FORRAJE 50
4.8. GANANCIA MEDIA DIARIA 51
4.9. GANANCIA KG/HA 53
4.10. RENDIMIENTO DE SOJA 54

5. CONCLUSIONES 55

6. RESUMEN 56
7. SUMMARY 57
8. BIBLIOGRAFÍA 58
9. ANEXOS 69

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No. Página

1. Producción de forraje (kg MS/há) por corte y anual.....5
2. Producción de forraje (kg MS/há) anual y acumulada del cv. 6
3. Días de descanso 33
4. Kilos de MS disponible y remanente/ha 41
5. Cantidad de MS disponible/ha por ciclo de pastoreo.....41
6. Cantidad de MS remanente/ha por ciclo de pastoreo.....42
7. Producción de forraje (Kg de MS/ha) acumulada por tratamiento 43
8. Producción de forraje por ciclo de pastoreo (kg MS/ha) 43
9. Tasa de crecimiento (Kg de MS/ha/día) por ciclo de pastoreo 44
10. Forraje desaparecido (Kg de MS/ha) por ciclo de pastoreo.....46
11. Porcentaje de gramínea por ciclo de pastoreo.....47
12. Porcentaje de leguminosa por ciclo de pastoreo 47
13. Porcentaje de maleza por ciclo de pastoreo 48
14. Porcentaje de suelo descubierto por ciclo de pastoreo.....48
15. Oferta de forraje por tratamiento.....50
16. Oferta de forraje por ciclo de pastoreo.....50
17. GMD (Kg/día/animal) por tratamiento 51
18. GMD (Kg/día/animal) por ciclo de pastoreo 51
19. Ganancia de carne/ha por tratamiento.....53
20. Rendimiento de soja (kg/ha) por tratamiento.....54

Figura No.

1. Esquema espacial del experimento de 2 años 32
2. Diseño experimental.....32
3. Comparación de precipitaciones 39
4. Temperaturas medias 40
5. Tasa de crecimiento (kg MS/dia) 45
6. Evolución de la composición botánica de la pastura por ciclo de pastoreo……49

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo, parte de la base de que en los sistemas de producción agrícolas/ganaderos, resulta difícil combinar los recursos de la mejor manera para lograr que el sistema sea eficiente y es por esto que, a lo largo de este trabajo se compararan tres sistemas de producción distintos, para encontrar cuál es la mejor manera de combinarlos.

Los sistemas de producción pastoril determinan su eficiencia de producción en base a tres procesos básicos; producción de forraje, utilización de éste y conversión de lo ingerido en producción secundaria. Para obtener productos secundarios es necesario lograr producciones de forrajes estables o con baja variabilidad a lo largo del año, de manera de que los restantes procesos no se vean limitados por lo primero. Para lograr los objetivos planteados es necesario conjugar las variaciones ambientales inter e intra anuales con el uso de distintas alternativas forrajeras.

Los verdeos aparecen como una alternativa para estabilizar los sistemas pastoriles ya que son gramíneas anuales que se caracterizan por producir un volumen muy alto de forraje de buena calidad en un período corto de tiempo, y permiten lograr un aumento de la carga en el período de menor oferta de pasto en sistemas intensivos (Zanoniani y Noël, 2003).

Como desventaja son una alternativa "cara" frente a otras de mayor duración que se amortizan durante varios años, en este caso es necesario extremar las medidas de manejo para lograr amortizar este cultivo en un año. La incorporación de especies bienales como *Trifolium pratense* permiten prolongar en el tiempo la persistencia de estas alternativas, incorporando a su vez nitrógeno al sistema que promueve el crecimiento de las gramíneas durante la vida útil del verdeo, y además incrementar el contenido de este nutriente en el suelo para otros componentes de la rotación.

Este trabajo de investigación, está integrado en evaluar el resultado de incluir alternativas de mayor o menor duración en rotaciones agrícolas/forrajeras para evaluar cual es la mejor manera de combinarlos.

Este experimento abarca el periodo primavera/verano/otoño en el cual se intentara evaluar la producción en grano de soja proveniente de dos raigrases de distinto largo de ciclo y la producción de forraje y carne de una mezcla de raigrás y trébol rojo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la producción de tres alternativas en el uso del suelo, combinando el uso de raigrás (*Lolium multiflorum*) de diferente ciclo, la inclusión del trébol rojo (*Trifolium pratense*) en el rendimiento de forraje y carne y como repercuten los tratamientos de raigrás en el rendimiento de soja (*Glycine max*).

1.1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del experimento son:

1. Evaluar la producción de forraje de una mezcla de raigrás anual y trébol rojo en su segundo año.
2. Evaluar la producción de carne de los animales en pastoreo.
3. Evaluar el efecto residual que tienen los distintos raigrases manejados bajo pastoreo sobre la producción de la soja siguiente.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES

2.1.1. *Lolium multiflorum*

El *Lolium multiflorum* es una de las mejores gramíneas forrajeras debido a sus atributos, crece y avanza sin dificultades tanto en los mejoramientos de campo como en las pasturas sembradas. Esta es, además, de gran aptitud para el pastoreo directo debido a que los raigrases anuales ofrecen plantas muy macolladoras y una amplia cabellera de raíces superficiales (Carámbula, 2003). Esto le confiere, una alta tasa de rebrote y le brinda al suelo una muy buena estructura, haciéndolo capaz de soportar mejor la compactación por el pisoteo de los animales.

Esta especie presenta buenas aptitudes para sembrarse en asociación con otras forrajeras. Cuando sembrada con anuales, aporta calidad al forraje y agrega más días de pastoreo al final del ciclo. Mientras que, asociada a perennes, aporta precocidad en la entrega de materia seca y una excelente producción de forraje en invierno y primavera (Carámbula, 2007).

Dentro del *Lolium multiflorum* se pueden diferenciar dos tipos de raigrás; estos son el raigrás anual tipo westerwoldicum y el raigrás anual tipo multiflorum o italiano. La principal diferencia que tienen estos dos tipos de raigrás, son que el primero no tiene requerimientos de vernalización mientras el segundo sí. Es importante tener esto en mente a la hora de elegir qué tipo usar, ya que dependiendo del sistema de producción que se plantee uno se va a adaptar mejor que el otro. Dicho esto, su manejo también va a diferir según qué tipo se use.

Debido a que uno tiene requerimientos de vernalización y el otro no, uno es más flexible que el otro a la hora de la siembra, "*en cuanto a la flexibilidad de la fecha de siembra: en los tipos westerwoldicum el atraso en la siembra acorta el ciclo productivo mientras que en los raigrases italianos las siembras tardías reducen o inhiben la floración dando como resultados pastoreos de muy alta calidad al fin de la primavera*" (Ayala et al., 2010).

Además, hay que tener en cuenta que ambos tipos difieren en el momento de su máxima producción de forraje, por lo que el tipo más adecuado va a depender de las necesidades del sistema y del momento en que las necesidades de forraje sean mayores. Los tipos westerwoldicum son más productivos durante el otoño y parte del invierno, mientras que los tipos italianos producen más desde mediados de invierno en adelante y tienen mayor producción total. "*Durante la primavera los tipos italianos tienen una mejor relación hoja/tallo y por tanto mejor calidad que los tipos westerwoldicum. Por*

este motivo, los raigrases italianos serían los más adecuados para conservación de forraje en primavera" (Ayala et al., 2010).

Si bien el raigrás anual se encuentra en la naturaleza como 2n, mediante el mejoramiento genético se han creado cultivares 4n. Estos, consecuentemente tienen células más grandes y por lo tanto tienen una mejor relación contenido celular/pared celular "*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., 2010).

Otra característica en la cual se encuentran diferencias es el tamaño de los macollos y el ancho de sus hojas "*también se diferencian de los diploides porque tienen: menos macollos, pero de mayor tamaño, hojas más anchas y de color verde más oscuro, menor contenido de materia seca (más suculentos)*" (Ayala et al., 2010). Estas características hacen que los tetraploides sean más palatables para los animales y por lo tanto aumente su consumo y por ende aumente el producto animal "*A igualdad de condiciones, los tetraploides son más palatables que los diploides (mayor consumo), presentan un funcionamiento ruminal más eficiente (menos pared celular) y por tanto dan mayor producto animal"* (3-5%, Ayala et al., 2010).

2.1.1.1. Cultivares utilizados

Para el presente trabajo se utilizaron dos cultivares de la empresa Procampo, el cultivar Rattion de ciclo medio y el cultivar Montoro de ciclo largo.

El cultivar Rattion, es del tipo westerwoldicum, de ciclo intermedio que florece a mediados de octubre. Según Procampo (2018) se recomienda para verdeos invernales que requieren liberar la chacra temprano ya que "*por su ciclo intermedio adelanta la primavera y a fines de octubre se puede quemar sin perder parte importante de su producción anual*".

El cv. EXP MO 2016 (montoro), es un tetraploide anual italiano. Según la evaluación nacional de cultivares año 2016 produjo gran cantidad de forraje, siendo superior a los cultivares Estanzuela 284 (LE 284) y Winter Star Procampo (2018).

Cuadro No. 1. Producción de forraje (kg MS/há) por corte y anual

	Cortes							
Cultivar	25-may.	8-jun.	13-jul.	8-ago.	11-sep.	11-oct.	11-nov.	Total
LE 284 (kgMS/há)	889	957	2030	1245	1996	496	0	7570
HFSS 2016 (kgMS/há)	933	833	1604	1382	2754	784	793	9050
EXP MO 2016 (KgMS/há)	622	593	1462	1320	2814	2168	1726	10705

Fuente: elaborado en base a ensayo Castro et al. (2016).

2.1.2. *Trifolium pratense*

En Uruguay existen tres tipos de cultivares de *Trifolium pratense*, estos se clasifican según el nivel de latencia invernal, los mismos son: sin latencia, latencia intermedia y con latencia. Dentro de los mismos, la clasificación con mayor distribución en el país son los del tipo sin latencia "*Los cultivares tradicionalmente utilizados en Uruguay responden al tipo sin latencia, con muy buen desarrollo en invierno*" (Ayala et al., 2010).

Dentro de las leguminosas, esta especie se adoptó ampliamente en los sistemas lecheros debido a ciertas características, como su alta producción y mayor adaptación a suelos donde la alfalfa no produce bien. "*Dentro de las leguminosas perennes que tradicionalmente se cultivan en Uruguay, es la leguminosa con más alta producción de forraje en otoño-invierno. Está adaptada a suelos ligeramente ácidos y pesados donde alfalfa no produce bien*" (Ayala et al., 2010).

"*El uso más común de trébol rojo es el pastoreo directo*" (Ayala et al., 2010).

Trifolium pratense crece mejor en climas templados – húmedos. La temperatura óptima para esta especie se ubica entre los 21 y los 24ºC, aunque el rango que permite su crecimiento va de 7 a 35ºC (MAGP. SENASA. SINAVIMO, 2019a)

Según Díaz Lago et al. (1996), las tasas de crecimiento para este cultivo pueden llegar hasta 72 kg MS/día para primavera en su primer año.

2.1.2.2. Estanzuela 116

El cultivar Estanzuela 116 no presenta latencia, tiene una destacada adaptación al pastoreo, alta producción de forraje en otoño-invierno y un excelente rebrote con rápida producción de tallos.

"*Posee una destacada precocidad y alta producción total e invernal, característica que lo diferencia de los cultivares con latencia, aún de los más productivos*" (Ayala et al., 2010).

"*Estanzuela 116 se destaca por su alto potencial de producción en pasturas de ciclo corto. Tiene excelente rebrote con rápida producción de tallos, que junto con el ciclo corto, contribuyen a aumentar el rendimiento*" (Ayala et al., 2010).

Cuadro No. 2. Producción de forraje (kg MS/há) anual y acumulada del cv.

Cultivar	1er. año - 2014	2o. año - 2015
	1 a 4 cortes	5 a 10 cortes
Estanzuela 116 (kg MS/há)	10587	12875

Fuente: elaborado en base a Cuitiño et al. (2015).

2.1.3. *Glycine max*

Según MAGP. SENASA. SINAVIMO (2019b) la soja (cultivo oleaginoso) "*es una planta herbácea anual, de ciclo primavera-estival, cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses y de 40 a 100 cm de envergadura. Presenta un tallo rígido y erecto, adquiere alturas variables, de 0,4 a 1,5 metros, según variedades y condiciones de cultivo. Suele ser ramificado. Tiene tendencia a volcarse, aunque existen variedades resistentes al vuelco*".

El sistema radical de la soja cuenta con una raíz principal, pivotante, con raíces secundarias profundas y raíces adventicias ramificadas. La extensión del sistema radical puede variar considerablemente con el manejo del suelo y el estado estructural del mismo. En suelos de gran profundidad la raíz principal puede alcanzar una profundidad de 200 cm y las laterales una longitud de 250 cm (Bodrero, 2003).

Según Kantolic et al. (2003b) la escala desarrollada por Fehr y Caviness en el año 1977, es la más utilizada para la descripción de los estadios fenológicos externos del cultivo de soja, donde se distinguen dos etapas principales; una que describe los estados vegetativos y se representa con la letra V y la otra los estados reproductivos simbolizados con la letra R. Con excepción de los estadios VE (emergencia, cotiledones sobre la superficie el suelo) y VC (cotiledonar, los bordes de las hojas unifoliadas no se tocan, cotiledones desplegados), las letras V y R van seguidas de un número que indica un estadio puntual dentro de las etapas vegetativas y reproductivas, respectivamente. Esta escala propone una descripción de la morfología del cultivo, cuya validez es independiente del cultivar utilizado o de las condiciones generales del cultivo ya que

toma en cuenta los cambios morfológicos ocurridos en el tallo principal del 50 % de las plantas del cultivo (Kantolic et al., 2003b).

En los estadios vegetativos se describe la sucesiva aparición de hojas, teniendo en cuenta el número de nudos que presentan hojas totalmente desarrolladas. Una hoja se encuentra totalmente desarrollada si la hoja superior no se encuentra enrollada, es decir, si los bordes de los foliolos no se tocan. Los estadios reproductivos están basados en la floración (R1 y R2), el desarrollo de vainas (R3 y R4), el llenado de granos (R5 y R6) y 3 la maduración (R7 y R8) y en la mayoría de ellos se considera el estado de los nudos superiores del tallo principal, independientemente de los órganos presentes en otras posiciones de la planta (Kantolic et al., 2003b).

La floración en soja comienza en una porción intermedia del tallo principal y progresa luego hacia los nudos superiores e inferiores. La fase de floración puede durar varias semanas y en un mismo momento e incluso en un mismo nudo pueden encontrarse flores recientemente abiertas, flores ya marchitas y vainas creciendo (Kantolic, 2008).

En el tallo principal y en las ramificaciones la expansión de las hojas prosigue durante gran parte del período de floración y fructificación, originando una superposición entre la aparición de hojas y la aparición de órganos reproductivos. El número de nudos que se elongan y se hacen visibles luego de la floración dependen del hábito de crecimiento (HC) pero pueden ser modificados por factores ambientales (Kantolic, 2008).

En los estadios R5 y R6 a medida que progresa el llenado de granos comienza un creciente amarillamiento de las hojas, que avanza desde las hojas más viejas de los nudos inferiores hacia las más jóvenes en los estratos superiores de la planta (Kantolic, 2008).

2.2. MEZCLAS FORRAJERAS

Una mezcla forrajera es una población artificial integrada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas. Como resultado de esta asociación y de los atributos individuales de cada especie, se produce un proceso complejo de interferencias que puede tener los siguientes resultados: mutua depresión, depresión de una especie en beneficio de otra, mutuo beneficio y por último ninguna interferencia (Carámbula, 2007).

"*La idea debe ser definir mezclas muy aceptables, que permitan una mejor explotación del medio ambiente en su totalidad, con gramíneas de alto potencial de*

rendimiento y leguminosas de la más alta capacidad nitrificadora, presentando a la vez la menor interferencia competitiva entre las especies que las formen" (Carámbula, 2007).

"*Uno de los objetivos más importantes de la producción de forraje mediante pasturas mixtas, sea obtener de estas los máximos rendimientos de materia seca por hectárea, explotando al mismo tiempo en forma eficiente las principales bondades que presentan ambas familias en beneficio de las producciones animales*" (Carámbula, 2007).

Las principales bondades que presentan cada familia son: por parte de las gramíneas "*productividad sostenida por años, adaptación a gran variedad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad en la pastura, baja sensibilidad al pastoreo y al corte, baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y por último baja vulnerabilidad a la invasión de malezas. Mientras que por el lado de las leguminosas son: dadoras de nitrógeno a las gramíneas, poseedoras de alto valor nutritivo para completar la dieta animal, y promotoras de fertilidad en suelos naturalmente pobres, así como cansados y degradados por un mal manejo)*" (Carámbula, 2007).

2.2.1. Importancia de las mezclas

Algunos autores sostienen que no hay evidencias que con las mezclas se obtengan los mejores rendimientos en MS (Rhodes, citado por Carámbula, 2007). Otros sostienen que la combinación de especies forrajeras debería ser más eficiente para utilizar los recursos naturales disponibles en comparación con cada especie sembrada por separado (Jones et al., Rhodes, Harris y Lazenby, citados por Carámbula, 2007).

Las mezclas que comprenden gramíneas y leguminosas presentan una serie de características de gran importancia. En su primer término se puede afirmar que, en las mezclas, las especies pueden compensar su crecimiento frente a diferentes factores climáticos, edáficos y de manejo, manteniendo no solamente en forma más homogénea los rendimientos en ciertas épocas del año, si no también alargando el período de productividad de la pastura y confiriéndole a la vez una mayor flexibilidad en su utilización (Blaser et al., citados por Carámbula, 2007).

Por otra parte, los animales que pastorean en mezclas presentan un mayor consumo que cuando las mismas especies se encuentran en siembras puras, mostrando una mayor apetecibilidad por el forraje. Al mismo tiempo se evitan problemas nutricionales y fisiológicos: meteorismo (leguminosas puras) e hipomagnesemia y toxicidad por nitratos (gramíneas puras). Por último, un buen porcentaje de leguminosas uniformiza la materia seca digestible a lo largo de un lapso más amplio, estimulando de esta manera las producciones animales (Herriott y Wells, citados por Carámbula, 2007).

Por lo tanto, se puede afirmar que 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 altos niveles de MOD 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 de los animales; impedir en los animales, la aparición de problemas nutricionales y fisiológicos.

2.2.2. Composición de la mezcla

Al instalar una pastura, el objetivo es lograr un buen balance de gramíneas y leguminosas, para lo cual es aceptado como ideal una proporción de 60 – 70 % de las primeras, 20 – 30 % de las segundas y 10 % de malezas (Carámbula, 2007).

Dentro de las pasturas mezclas existen tres tipos de mezcla: las mezclas ultra simples, las simples y por ultimo las complejas.

Las mezclas ultrasimples, son aquellas que están formadas por una leguminosa y una gramínea. A su vez, dentro de esta clasificación existen las mezclas ultrasimples invernales y las estivales. En las invernales, tanto la leguminosa como la gramínea son de ciclo invernal mientras que en las estivales son las dos de ciclo estival.

Las mezclas simples, son aquellas formadas por una mezcla ultrasimple más una leguminosa o gramínea de ciclo complementario.

Por último, las mezclas complejas son aquellas formadas por muchas especies de leguminosas y gramíneas. Dentro de esta clasificación, existen las mezclas de ciclos similares, en las que las leguminosas y las gramíneas son del mismo ciclo. Por otro lado, las mezclas de ciclo complementario son aquellas formadas por dos gramíneas y dos leguminosas de distinto ciclo.

Al respecto, se debe recordar que cuantas más especies contiene una mezcla, tanto más difícil es mantener el balance deseable entre sus componentes. Diferentes condiciones de suelo, fertilidad y pastoreo llevan indefectiblemente a la dormancia de ciertas especies en detrimento de otras, con la consecuencia lógica final del desarrollo de mezclas simples o cultivos puros. En estos casos, el período productivo será dado por la especie o las especies que dominen la pastura, desvirtuándose así el objetivo de producir forraje durante un período extendido del año (Carámbula, 2007).

El uso de mezclas ultrasimples o simples, compuestas por pocas especies, parece ser lógico, debido a que pueden ajustarse las diferentes tasas de crecimiento que presentan sus integrantes en las distintas épocas del año. Al reunir en una mezcla especies con características similares y bien adaptadas al ambiente en que crecerán, se logrará el máximo aprovechamiento de cada una de ellas, siempre que se use el sistema de manejo apropiado (Carámbula, 2007).

Sin embargo, en estas mezclas, la desaparición de alguna de las especies transformará automáticamente la pastura en un cultivo puro de baja densidad y fácilmente invadido por malezas y pastos nativos de bajo rendimiento (Carámbula, 2007).

Se debe tener en cuenta que al fijar las especies componentes de una mezcla, no solo interesa obtener los rendimientos máximos en cada una de ellas, si no los menores riesgos de enmalezamiento y el mayor valor nutritivo del forraje, mediante una entrega mejor balanceada del mismo. Estos atributos se unen para formar pasturas con persistencia productiva de elevada calidad, objetivo principal en la producción de forraje en todos los establecimientos ganaderos (Carámbula, 2007).

2.2.3. Aporte de nitrógeno

El nitrógeno es el nutriente vital que limita la producción de forraje en todas las pasturas. Existen tres fuentes principales para aportar nitrógeno a las pasturas: mineralización de restos vegetales y animales; aplicación de fertilizantes nitrogenados y por último la asociación con leguminosas (Carámbula, 2007).

Para producir 10.000 kg de MS se necesitan 300 kg N/ha. Estas dosis deben ser provistas en la forma más eficiente y económica posible (Mulder, citado por Carámbula, 2007).

Según García et al. (1994) se puede considerar que, por cada tonelada de materia seca producida por una leguminosa, se fijan alrededor de 30 kg de nitrógeno.

La forma más clásica de aportar nitrógeno es a través de asociaciones con leguminosas. El nitrógeno es cedido gradualmente y va a cobrar cada vez más importancia a medida que: aumente la población de leguminosas dentro de la pastura, cuanto más eficiente sea el manejo y cuanto más alta la dotación de animales con la que se trabaja (Herriot y Wells, citados por Carámbula, 2007).

El nitrógeno no solamente es el elemento que más limita el crecimiento de las pasturas, sino que también tiene influencia sobre el contenido de proteínas. Este último aspecto tiene singular importancia desde cuando un forraje contiene insuficiente nitrógeno, a través de sus proteínas, no solo es de menor valor nutritivo, si no que el

consumo voluntario es reducido por debajo de aquel que permite la distención del rumen (Carámbula, 2007).

Por consiguiente, el porcentaje de proteínas de una mezcla depende notablemente del balance entre gramíneas y leguminosas que componen la misma, por lo que generalmente convendría que las mezclas contengan por lo menos 30% de estas (Martin, citado por Carámbula, 2007).

Aportar nitrógeno y por consiguiente provocar aumentos en los rendimientos de materia seca de las gramíneas, no es la única función de las leguminosas, ya que, su presencia en una pastura incrementa la calidad del forraje producido. En varios trabajos realizados en pasturas de clima templado se ha demostrado que la inclusión de estas plantas en una pradera ofrece ventajas nutricionales sobre el valor de las mismas gramíneas asociadas cuando se encuentran en cultivos puros. Estas ventajas han sido determinadas por varios investigadores quienes han registrado aumentos de peso en novillos cuando se incluyó una leguminosa en pasturas de clima cálido y subtropical (Stobbs et al., Norman, Evans, citados por Carámbula, 2007).

2.3. ROTACIÓN DE CULTIVOS

La agricultura de secano del Uruguay está principalmente dominada por los cultivos de verano, siendo soja la de mayor importancia. En los sistemas actuales, la rotación de cultivos y el sistema de laboreo, han afectado el carbono orgánico del suelo a través de la cantidad y calidad de la biomasa producida por unidad de tiempo y por dejar el suelo expuesto a la erosión (García Prechac et al., citados por Ernst y Siri Prieto, 2011).

El COS aumenta cuando se producen altas cantidades de raíces y residuos en superficie, y es reducido cuando existen períodos de baja producción (Campbell y Zentner, 1993).

La existencia de prolongados períodos de barbecho incrementa la oxidación del COS, modifica la eficiencia de uso del agua y vuelve al suelo susceptible de erosión (Ernst y Siri Prieto, 2011).

Para lograr la sustentabilidad del sistema de producción basada en granos, se debe mejorar el balance de carbono a través de un mayor aporte de biomasa vegetal. En este sentido, los cultivos de coberturas (CC) son una herramienta agronómica ideal porque cumplen el doble rol de aportar carbono, crear cobertura vegetal e incrementar el potencial de rendimiento de los cultivos renta de verano (Ernst y Siri Prieto, 2011).

Ernst y Siri Prieto (2011) sostienen que una de las mayores barreras para la adopción de los cultivos de cobertura es desconocer cuánta agua consumen. Este efecto dependerá del momento de secado del cultivo de cobertura, de las condiciones climáticas (momento y cantidad de precipitaciones), de la fecha de siembra del cultivo de grano y del tipo de suelo. Los riesgos asociados al excesivo consumo de agua del cultivo de cobertura se verían disminuidos con la siembra temprana de los mismos, y el desecado antes de floración (leguminosas) o encañazón (gramíneas).

Ernst et al. (2004) determinaron una mejor implantación, crecimiento y un mayor contenido de nitratos y agua en el suelo cuando la duración del barbecho químico fue mayor a 45 días. Según Ruffo y Parsons (2003), el momento de terminación del crecimiento de estos CC debe adecuarse siguiendo dos criterios: a) lograr una acumulación de biomasa que garantice una importante cobertura y aportes de carbono y, b) ajustarse zonalmente a las precipitaciones de cada región para asegurar la recarga del perfil con las lluvias de primavera.

En algunos sistemas de producción, a continuación del cultivo de soja se siembra un verdeo de raigrás como cultivo de cobertura o de servicio hasta el siguiente cultivo de verano con el objetivo de proteger el suelo durante el invierno para disminuir el riesgo de erosión y acumular mayor cantidad de agua disponible para el siguiente cultivo (Ernst y Siri Prieto, 2011).

2.3.1. Utilización de cultivos de cobertura

El proceso de intensificación agrícola-ganadero requiere propuestas de manejo sustentables y una de ellas es la introducción de cultivos de coberturas o puentes verdes en secuencias agrícolas (Galli et al., 2013).

En caso de ser pastoreado, la productividad de dicho cultivo de cobertura y la condición física del suelo puede ser afectada negativamente por el pisoteo animal eventualmente afectando el rendimiento del siguiente cultivo de verano. Desde otro punto de vista, el pastoreo favorecería la tasa de renovación radicular y con ello la estructura del suelo, además de generar un ingreso extra por la actividad ganadera (Galli et al., 2013).

Estudios realizados por INIA en el cual se pastoreo una cobertura de raigrás con terneros y corderos demuestran que la densidad aparente del suelo se incrementó alrededor de un 15% debido al pastoreo animal, con un mayor valor numérico en el tratamiento con corderos comparado con terneros (Echeverría et al., 2014).

El pisoteo de los animales en los sistemas ganaderos provoca la compactación del suelo modificando notablemente la relación suelo-aire-agua (González y Nogués,

citados por Rovira et al., 2014). La intensidad de tales efectos provocados por el pastoreo está estrechamente relacionado a la carga animal que el suelo soporta y al tipo y estado de vegetación que cubren la superficie (Sadeghian et al., 2000).

Por otro lado, en el mismo trabajo realizado por el INIA se vio que con respecto a la resistencia a la penetración o compactación del suelo no se registró un efecto del pastoreo animal, indicando que la densidad aparente es una variable más sensible a los efectos del pisoteo que la resistencia a la penetración (Grenwood y McKenzie, 2001).

Murphy et al. (1995) sugieren que el menor tamaño de la pezuña de animales jóvenes “bate y mezcla” el suelo en superficie más que ocasionar compactación.

Echeverría et al. (2014) concluyeron que las diferencias naturales en compactación encontradas en el suelo son más importantes que las eventualmente provocadas por el pisoteo.

Artigas y García (2012) no encontraron diferencias en resistencia a la penetración entre tratamientos con (12 corderos/ha) o sin pastoreo de un verdeo de avena. Tampoco se vio afectado el rendimiento del cultivo de soja posterior (Echeverría et al., 2014).

En síntesis, la información obtenida en el trabajo del INIA es coincidente en señalar que bajo cargas animales moderadas y contenidos de humedad del suelo por debajo de su capacidad de campo, los efectos a corto plazo del pastoreo en siembra directa no serían perjudiciales para el desarrollo de los cultivos (Venanzi et al., 2002). Galli et al. (2013) no encontraron un efecto significativo negativo del pastoreo de cultivos de cobertura sobre la producción de granos de un cultivo de soja sembrado a continuación del pastoreo. La mayoría de los trabajos que han encontrado un efecto perjudicial del pastoreo en las características del suelo manejaron altas cargas instantáneas de animales y/o laboreo convencional en el cultivo de cobertura (Terra et al. 2000, Franzluebbers y Stuedemann 2008).

Luego de una serie de 3 años Pravia et al. (2008) concluyeron que la intensidad del pastoreo en el raigrás previo al cultivo de sorgo no fue determinante en el rendimiento en grano del cultivo demostrando que mientras el pastoreo no se realice en condiciones de excesiva humedad el efecto de la compactación superficial en el suelo causado por los animales no fue un problema importante para el cultivo posterior. En el caso del cultivo de soja, el rendimiento fue ligeramente afectado (merma de 220 kg/ha) en ocasiones por el pastoreo del raigrás que le precedió.

En cultivos de cobertura finalizar el pastoreo al menos 45 días antes de la siembra del cultivo de grano siguiente permite aplicar el herbicida sobre el forraje remanente y tener un barbecho químico lo suficientemente largo. Durante dicho tiempo

la pastura puede descomponerse, principalmente su sistema radicular, soltando los agregados estructurales y generando durante su descomposición una actividad bilógica que aumenta la porosidad gruesa del suelo ayudando a sobrellevar situaciones no extremas de compactación superficial del suelo generadas por el pastoreo (Terra et al., 2000).

Por ende, el pastoreo de raigrás como puente verde es una alternativa válida tanto con terneros como corderos en sistemas ganadero-agrícolas. Se logra una alta producción de carne por superficie en un corto período de tiempo con el consecuente margen bruto positivo agregando rentabilidad y diversificación a la empresa. Excepto que se den condiciones muy particulares, no es esperable que el efecto del pisoteo de los animales sobre el cultivo posterior genere un daño de tal magnitud que no sea compensado por en beneficio obtenido por el pastoreo del raigrás (Echeverría et al., 2014).

2.4. PASTOREO

2.4.1. Aspectos generales del pastoreo

Para comenzar a hablar del pastoreo es conveniente definir el concepto y mencionar los distintos métodos de este. El pastoreo, es el procedimiento definido o técnica para el manejo de los animales en el espacio y en el tiempo, diseñada para alcanzar un objetivo específico. Se suele preferir método de carga en lugar de método de pastoreo, dado que pastoreo hace referencia al consumo de forraje en pie, mientras que el manejo de la carga de animales en pastoreo es la que permite definir el cómo, cuándo, qué y cuántos animales pastorean (Ferri et al., 2015).

Langer (1981) afirma que un buen manejo del pastoreo implica, el manejo eficiente de dos sistemas biológicos, como son las pasturas y los animales, los cuales son diferentes entre sí, pero están relacionados, con esto el objetivo es hacer el mejor uso del forraje producido, sin perjudicar la persistencia productiva de la pastura (Langer, citado por Duré et al., 2020).

La interrelación entre la pastura y el rumiante en pastoreo es un proceso dinámico y de doble vía donde por un lado los aspectos físicos-químicos y morfológicos de las pasturas influencian el material ingerido por el animal, por el otro el forraje removido determina la cantidad y el tipo de material remanente que a la larga tiene una influencia determinante en la capacidad de rebrote de la pastura. En el control de estos procesos está la base del manejo de los sistemas pastoriles (Lucas, citado por Agustoni et al., 2008).

Para entender cómo se comporta el forraje en el pastoreo primero se debe saber los principales factores, los cuales, depende la planta para el crecimiento y para su rebrote. Estos dos factores dependen principalmente del área foliar. Según Carámbula (2004), la síntesis primaria para producir materia seca es el resultado de la actividad fotosintética de las hojas (tamaño, forma, posición, estructura), así como de otros órganos fotosintetizantes de las plantas.

Para esto, la pastura debe interceptar y estoquear la mayor parte de la energía solar ofrecida, lo cual depende de las especies que la componen (gramíneas y leguminosas), de la cantidad de hojas que posee (follaje), de los hábitos de crecimiento (erectos o postrados) y de la época del año (estaciones y estado de desarrollo, Carámbula, 2004).

El término índice de área foliar (IAF) se refiere a la relación existente entre el área de hojas y el área de suelo cubierto por las mismas (Watson, citado por Carámbula, 2004) y expresa, precisamente, la densidad de hojas de una pastura determinada. A medida que el IAF aumenta, crece la intercepción de la luz por parte de las hojas, hasta un valor crítico llamado IAF óptimo, en que el proceso de fotosíntesis y la producción de forraje verde son máximas debido a que la cantidad de follaje es suficiente como para prevenir pérdidas de energía, aunque muchas de las hojas basales cerca del suelo se vuelvan parásitas (Carámbula, 2004).

El crecimiento luego de una defoliación está relacionado en forma directa con el IAF remanente, el cual es determinado por la intensidad de la defoliación, el tipo de crecimiento de la especie (erecto o rastrero) y la familia (gramíneas o leguminosas, Carámbula, 2004).

Por otra parte, según Bommer, citado por Carámbula (2004), las especies forrajeras menos sensibles a una defoliación son aquellas que presentan un área foliar remanente mayor luego del pastoreo, lo que les permite a las plantas restablecer más rápidamente su actividad fotosintética. Sin embargo, esto es cierto siempre que la masa foliar remanente sea realmente eficiente. De ahí entonces que no solo es importante la cantidad de remanente de hojas, sino también el tipo y estado de las mismas (Carámbula, 2004).

2.4.2. Manejo del pastoreo

La defoliación por pastoreo o corte puede ser una herramienta muy eficiente para mantener el equilibrio entre las especies componentes de una pastura establecida. Su influencia radica básicamente en permitir un control estricto sobre la disponibilidad de luz para las diferentes plantas forrajeras que la componen (Carámbula, 2004).

Según Smethan (1981), existen dos principales objetivos para un buen manejo del pastoreo, uno de ellos es producir la máxima cantidad de forraje y con su mayor calidad posible, de modo de brindar una dieta adecuada para los animales en pastoreo. El segundo objetivo se basa en asegurar que la máxima producción primaria sea consumida por dichos animales. Se debe considerar que el primer objetivo es fácil de alcanzar, mientras que para el segundo se requiere de hacer un uso lo más eficientemente posible del forraje producido.

El manejo de la defoliación para permitir rendimientos elevados de forraje durante la etapa vegetativa, debe considerar de forma primordial la frecuencia y la intensidad del pastoreo, presentando la menor pérdida posible de recursos naturales, favoreciendo a la vez el buen comportamiento animal (Carámbula, 2004).

Conocer los efectos de la duración del rebrote, dentro del patrón de cambios de los principales procesos fisiológicos involucrados en la acumulación neta de forraje, provee las bases racionales para optimizar la producción de pasto en el marco del manejo rotacional (Parsons y Penning, 1988).

2.4.3. Parámetros que definen el pastoreo

2.4.3.1. Frecuencia

Desde que cada pastura tiene una estación de crecimiento limitada acorde con las especies que la forman, cuanto mayor sea el número de cosechas (pastoreos o cortes) menor será el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos. Este aspecto dado por la frecuencia de la defoliación, tiene singular importancia ya que se sabe que cuanto más corto es el período entre dos cosechas, menor será la producción de forraje (Jaques y Edmond, Chamblee et al., Peterson y Hogan, Parsons y Davis, citados por Carámbula, 2004).

Otra forma de manejar la frecuencia de pastoreo es mediante la altura del forraje disponible al comenzar el pastoreo. Para Hodgson, citado por Carámbula (2004), la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo, siendo esta la variable más simple para predecir la respuesta, tanto de la pastura como del animal.

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

"*Dada la dificultad para determinar en la practica el IAF óptimo para cada pastoreo y los inconvenientes de llegar al mismo bajo pastoreo, es posible que con alturas de alrededor de 25 cm se pueda realizar en general un buen aprovechamiento del forraje producido, ya que, a esa altura, normalmente la pastura se encontrará en plena etapa de crecimiento intermedio o sea en el tramo de crecimiento y rebrote rápido*" (Carámbula, 2004).

Pero la frecuencia de la defoliación no sólo tiene impacto sobre el comportamiento en la misma estación que se realiza, sino además sobre la o las estaciones posteriores (Formoso, citado por Carámbula, 2004).

2.4.3.2. Intensidad

Según Carámbula (2004), 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 en cada de defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total de la pastura. En este sentido la mayor intensidad tiene influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje subsiguiente.

¨En todos los casos es muy importante que el rastrojo que se deje sea realmente eficiente. Para que esto suceda debe estar formado por hojas nuevas, con porcentajes mínimos de mortandad, lo cual compensa temporariamente eventuales IAF bajos¨ (Carámbula, 2004).

En este sentido, con alta intensidad de pastoreo el rebrote es más lento y costoso. Las plantas deben recomponer su aparato foliar con menor cantidad de reservas a partir de menor área foliar remanente y de meristemas menos diferenciados (Briske, citado por Saldanha et al., 2010). Además, Carámbula (2004) menciona a estos tres factores, que pastoreos severos continuos también conducen a un menor desarrollo del sistema radicular de las especies.

Por esta razón, menciona Carámbula (2004), para evitar inconvenientes y como recomendación general, las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm.

Además las diferentes intensidades tienen efecto sobre la calidad del forraje ofrecido a los animales ya que generan cambios en la estructura del mismo. Altas intensidades de pastoreo generan pasturas más tiernas, con mayor proporción de hojas y tallos tiernos, determinando un mayor aprovechamiento del forraje, en tanto que con bajas intensidades de pastoreo se logran pasturas con tallos más desarrollados con menor proporción de hojas (Zanoniani et al., 2006).

2.4.4. Efectos sobre las especies que componen la mezcla

La producción foliar es un proceso continuo, regulado por variables ambientales y características del estado de la pastura. La frecuencia e intensidad de defoliación afectan la fisiología de las plantas, debido a su efecto en la producción de nuevas hojas. Por lo tanto, la optimización de los sistemas de pastoreo no puede concebirse independientemente de la maximización de la producción de forraje. Es una interacción entre los tres flujos de tejido foliar de los sistemas pastoriles: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons et al., 1991).

La defoliación determina una disminución instantánea de la actividad fotosintética y por lo tanto del nivel de energía disponible para la planta (Simpson y Culvenor, citados por Formoso, 1996). Ante estas defoliaciones las plantas reaccionan redistribuyendo fotoasimilados a diferentes partes de la misma, por un sistema "*central de regulación*" (Chapin, citado por Formoso, 1996).

Luego de una defoliación la mayor prioridad apunta a maximizar la velocidad de rebrote utilizando eficientemente la energía remanente post – defoliación, a los efectos de restablecer lo más rápidamente un balance positivo de fijación de energía (Chapin et al., Richards, citados por Formoso, 1996).

Simpson y Culvenor, citados por Formoso (1996) afirman que, una vez alcanzado un tamaño y actividad que posibilita la producción de máximas tasas de incremento de materia seca aérea, se llega al índice de área foliar óptimo, el cual permite interceptar el 95 % de la radiación fotosintéticamente activa.

2.4.5. Efectos sobre la fisiología de las plantas

La producción foliar es un proceso continuo, regulado por variables ambientales y características del estado de la pastura. La frecuencia e intensidad de defoliación afectan la fisiología de las plantas, debido a su efecto en la producción de nuevas hojas. Por lo tanto, la optimización de los sistemas de pastoreo no puede concebirse independientemente de la maximización de la producción de forraje. Es una interacción entre los tres flujos de tejido foliar de los sistemas pastoriles: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons et al., 1991).

La defoliación determina una disminución instantánea de la actividad fotosintética y por lo tanto del nivel de energía disponible para la planta (Simpson y Culvenor, citados por Formoso, 1996). Ante estas defoliaciones las plantas reaccionan redistribuyendo fotoasimilados a diferentes partes de la misma, por un sistema "*central de regulación*" (Chapin, citado por Formoso, 1996).

Luego de una defoliación la mayor prioridad apunta a maximizar la velocidad de rebrote utilizando eficientemente la energía remanente post – defoliación, a los efectos de restablecer lo más rápidamente un balance positivo de fijación de energía (Chapin et al., Richards, citados por Formoso, 1996).

Simpson y Culvenor, citados por Formoso (1996) afirman que, una vez alcanzado un tamaño y actividad que posibilita la producción de máximas tasas de incremento de materia seca aérea, se llega al índice de área foliar óptimo, el cual permite interceptar el 95 % de la radiación fotosintéticamente activa.

2.4.6. Efecto del pastoreo sobre el rebrote

El rebrote depende de la disponibilidad de puntos de crecimiento, de las reservas de carbohidratos del rastrojo y del área foliar remanente del mismo. Si una pastura es defoliada reduciendo el área foliar pero dejando intactos los puntos de crecimiento, el rebrote será lento, ya que el nuevo crecimiento dependerá básicamente del desarrollo de las hojas en formación y del nivel de sustancias de reserva. Pero si es defoliada muy intensamente y son eliminados gran parte de los puntos de crecimiento vegetativos, el rebrote dependerá fundamentalmente de la formación de nuevas macollas; por lo que el atraso en la producción de forraje será máximo. Estas pasturas tendrán una producción escasa y vida muy limitada (Carámbula, 1977).

Por lo tanto, la capacidad de rebrote de una planta, después de la cosecha o defoliación, depende entre otros, de factores fisiológicos, tales como la acumulación de reservas de carbohidratos en la raíz, la superficie foliar remanente y la activación de los puntos de crecimiento (Pérez et al., citados por Molinelli et al., 2014).

En pasturas manejadas racionalmente, generalmente el rebrote es proporcional al área foliar presente luego del pastoreo, la pérdida de hojas representa una pérdida de área foliar fácilmente recuperable (Milthorpe y Davidson, citados por Carámbula, 2004). Cuanto más eficiente sea la cantidad de área foliar remanente, menor será el período de retraso en la producción de forraje (Brougham, citado por Carámbula, 2004).

El rebrote de especies forrajeras después de consumidas, se lleva a cabo por una combinación de restos de hojas y reserva de carbohidratos, las que aportan energía al

mismo. El pastoreo rotativo y el manejo para mantener reservas adecuadas de carbohidratos en las raíces o rastrojo y el área de hojas residuales respectivas, darán como resultado máximas tasas de crecimiento posteriores (The Stock Farmer, 2000).

Si el área foliar remanente permite a las plantas, y por consiguiente a la pastura, permanecer en una situación de equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración (punto de compensación), el rebrote se reinicia sin dificultades y sin necesidades de recurrir a sustancias de reservas. Es decir que de acuerdo con la altura y la calidad del remanente al cual se deje la pastura finalizado el pastoreo, las plantas podrán utilizar o no sustancias de reserva ubicadas, la mayoría de ellas, en los órganos subterráneos (Jacques, citado por Carámbula, 2007).

La cantidad de área foliar remanente luego de cada pastoreo o corte debería ser diferente a cada estación, lo cual dependerá de la especie y de su estado fisiológico, así como de las condiciones ambientales en las cuales crecen las pasturas (Saldanha et al., 2010).

2.4.7. Efectos sobre el desarrollo radicular

Otro efecto no menor de la defoliación, al reducir las sustancias de reserva, es su impacto sobre las raíces, ya que cuando hay sobrepastoreo, se da una reducción importante de las mismas. En los períodos de sequía, provoca una disminución de absorción de agua y nutrientes desde partes profundas del suelo, limitando el rebrote y la supervivencia de las plantas (Troughton, citado por Carámbula, 2007).

Luego de cada corte o pastoreo una parte importante de los sistemas radiculares de una pastura muere y con ella, en las leguminosas mueren también numerosos nódulos, todo lo cual sucede como consecuencia de la falta de aporte de carbohidratos producidos por la parte aérea, al quedar ésta reducida luego de un pastoreo (Carámbula, 2007).

Cuanto más intenso haya sido el pastoreo en invierno y principios de primavera, menor será la eficiencia y rapidez con la que se produzca el proceso de crecimiento de los sistemas radiculares. El sobrepastoreo de invierno, compromete el crecimiento de las raíces a fines de esta estación, al impedir la previa acumulación de reservas (Carámbula, 2004).

Según Edmond, citado por Carámbula (2004), el sobrepastoreo en invierno contribuye a alterar aún más el microambiente, a través del pisoteo, el cual no solo afecta la parte aérea de las plantas sino también el sistema radicular de las mismas, mediante el compactado excesivo provocado por el pisoteo, esto genera una menor aireación y velocidad de infiltración del agua.

2.4.8. Efectos sobre la morfología y estructura

La morfología de las plantas se ve modificada por efectos del pastoreo. El grado de modificación de las mismas depende básicamente de la especie animal y la carga a la cual es sometida la pastura. Por otro lado, el efecto de la defoliación no es significativo cuando esta se genera en la lámina de la hoja, pero se aprecia una disminución en el largo de las mismas cuando son defoliadas a nivel de su vaina (Grant et al., 1981).

Algunas especies tienen plasticidad fenotípica y alteran su estructura poblacional y su morfología frente a aumentos de la presión de pastoreo, para mantener un crecimiento relativamente invariable (homeostático). Especies de hábito erecto y que pueden ser defoliadas casi por completo, como la alfalfa, tienen un menor desarrollo de los mecanismos homeostáticos. Es por ello que si no se quiere perjudicar a estas plantas, es necesario retirar el ganado y esperar a que recompongan su área foliar y reservas, durante un buen lapso de descanso. En ciertas gramíneas en las que las reservas se acumulan en la base de las vainas (o pseudotallo) las defoliaciones severas pueden provocar grandes deterioros (Chapman y Lemaire, citados por Escuder, 1996a).

En gramíneas como el raigrás, la producción neta no se ve afectada debido a que existe una relación inversa entre el peso y tamaño de los macollos, lo que les permite alterar su estructura. Por otro lado, si la tasa de crecimiento de la pastura disminuye con altas cargas, las pérdidas por senescencia también lo hacen (Escuder, 1996a).

En pastoreos continuos, pasturas mantenidas con bajo IAF presentan una mayor densidad de macollos, siendo estos de menor tamaño. A su vez una mayor densidad poblacional de macollos es esperada en pasturas sujetas a defoliaciones más frecuentes, por disminuir el efecto de sombreo en macollos basales (Fernández y Nava, citados por Molinelli et al., 2014). Esto permite un ambiente más lumínico (cantidad y calidad de la luz) en la base de las mismas más favorables para la aparición de macollos (Voisin y Younguer, citados por Brancato et al., 2004).

2.4.9. Efectos en la composición botánica de la pastura

Debido a diferencias en la forma de crecimiento, las gramíneas, leguminosas y malezas de las pasturas son, en mayor o menor grado, todas susceptibles a la defoliación y al pisoteo, asociado al pastoreo. La presión de pastoreo determinará si éste tiene efecto sobre cualquier especie en particular (Langer, 1981).

Según Carámbula (2004), la gran mayoría de los predios gran parte de las pasturas se encuentran botánicamente desequilibradas, esto genera perdida de producción de forraje y disminución de la producción animal. Generalmente en los

primeros años de vida en las pasturas dominan las leguminosas, posteriormente estas se van perdiendo y la pastura comienza a ser dominada por las gramíneas.

Cuando la composición botánica es modificada, la distribución de la producción a lo largo del año se ve alterada, pero la producción total anual tiene menor variación (Escuder, 1996a).

La eficiencia de la utilización de la luz, varía entre las distintas especies dependiendo de la arquitectura de la planta, el hábito de crecimiento y de la disposición de sus hojas. A valores iguales de índice de área foliar, las leguminosas interceptan mayores cantidades de luz que las gramíneas. Por lo tanto, en manejo de pastoreos poco 23 frecuentes, la competencia por luz ejercida por las gramíneas por sobre las leguminosas llega a ser muy importante en primavera, mientras que en invierno esta situación se revierte y la escasez de luz favorece a las leguminosas y se convierte en una limitante muy seria para las gramíneas, todo lo cual, de no considerarse, lleva a cambios importantes en la constitución de la pastura (Carámbula, 2004).

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

El manejo del pastoreo puede hacer variar la proporción de las distintas forrajeras en la composición botánica, al favorecer especies erectas o postradas según la intensidad en que se realice la defoliación (Harvis y Brougham, citados por Carámbula, 2004).

La fertilidad y defoliación actúan en forma conjunta, se puede afirmar que pastoreos frecuentes y dosis baja de nitrógeno impiden la disminución de la población de leguminosas de una pradera, mientras que pastoreos poco intensos y dosis altas de nitrógeno provocan la disminución de especies de leguminosas en las mezclas ya que estas pasan a ser dominadas por las gramíneas (Carámbula, 2004).

Se puede afirmar que la caída en la productividad y el deterioro de la composición botánica de las pasturas sembradas es el resultado de manejos incorrectos. También se debe de prestar atención a interacciones entre manejo realizado y fertilizante aplicado, en el mantenimiento o mejoramiento de la composición y calidad de la pastura (Jones, citado por Carámbula, 2004).

Según Carámbula (2004), mediante el manejo de defoliación es posible controlar el balance de especies de una pastura mixta a través de modificaciones ejercidas con el pastoreo, ya sea en la utilización de luz como en la movilización de nitrógeno a través de las deyecciones. De esta forma el pastoreo favorecerá o no a las distintas especies de acuerdo con la intensidad y el momento en que se aplique.

2.5. PRODUCCIÓN ANIMAL

2.5.1. Aspectos generales de la producción animal

La producción animal basada en la utilización de pasturas es en esencia un proceso de conversión de la energía solar, que reciben ciertas zonas de tierra cultivables, en energía de la materia vegetal, y la conversión de esta energía acumulada en los vegetales en los productos animales: carne, leche, lana y cueros (Mc Clymont, 1974).

Nabinger (1996) menciona que la producción animal representa la producción secundaria en un sistema pastoril cuya producción primaria está constituida por la biomasa de las plantas presentes en el sistema. Esta producción primaria que representa la oferta del sistema a la producción animal, es resultante en primer lugar por la acción del ambiente físico en el cual crecen las plantas. Este ambiente es caracterizado por el ambiente y el suelo. Por lo tanto, la productividad primaria de un ecosistema pastoril depende fundamentalmente de la cantidad de radiación disponible para el proceso de fotosíntesis, de la temperatura ambiente y de la disponibilidad de agua y nutrientes.

La performance animal será un efecto directo de la cantidad y calidad de forraje consumido, pero modificado por la habilidad del propio animal en digerir y transformar esa materia seca en nutrientes asimilables (Blazer et al., McMeekan y Walshe, citados por Montossi et al., 1996).

Mott, citado por Langer (1981) define a la carga animal como la principal variable de manejo que afecta el resultado físico y económico del sistema pastoril, así como también la persistencia de la pastura sembrada.

Manejar altas cargas en los sistemas pastoriles, pueden causar reducciones en la tasa de crecimiento de las pasturas, debido al efecto nocivo de la intensidad del pastoreo sobre la morfogénesis y estructura de las plantas. Por otro lado, una menor carga genera mayor acumulación de restos secos que afectan negativamente la tasa de crecimiento de las pasturas (Lemaire y Chapman, 1996).

La carga animal es la principal variable de manejo que afecta el resultado físico-económico del ecosistema pastoril y la persistencia productiva de la pastura sembrada. A nivel predial, el efecto de la carga animal se expresa a través de la presión de pastoreo, la cual puede ser manejada a través del balance entre la tasa de crecimiento, muerte y consumo de forraje por parte del animal, y que genéricamente se denomina intensidad de pastoreo (Chilibroste et al., 2005).

La intensidad de pastoreo está directamente relacionada con la ganancia de peso vivo por animal y la producción por hectárea (Mott, citado por Langer, 1981). Siempre

que la producción individual no descienda por debajo de un nivel razonable, un aumento en la dotación produce un aumento en la producción de carne por hectárea, debido a que los rumiantes utilizan en forma más eficientes la materia seca disponible si el consumo es algo restringido (Hutton, citado por Smethan, 1981).

Según Rovira (2002), conviene puntualizar que, la producción de carne esta explicada por la relación cantidad – calidad de forraje y por las decisiones de manejo que toma el productor cuando se enfrenta a determinada pastura.

2.5.2. Relación consumo – disponibilidad – pastura

Varios autores coinciden en la existencia de una relación positiva entre la disponibilidad de forraje y el consumo del animal en pastoreo (Chacon et al., Jamieson y Hodgson, Dougherty et al., Greenhalgh et al., citados por Agustoni et al., 2008).

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

La relación entre consumo de materia seca y cantidad de forraje, gráficamente, se representa como una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo (Cangiano et al., 1996). En la misma, se puede distinguir una parte ascendente, donde la característica que limita el consumo es la capacidad de cosecha del animal (factores no nutricionales). El comportamiento ingestivo incluye el tiempo de pastoreo, medido como, minutos por día, la tasa de bocados, contabilizada como, cantidad de bocados por minuto y el peso de bocado medido en gramos, a su vez, este comportamiento es afectado por la selección de la dieta y la estructura de la pastura. Por otro lado, en la parte asintótica de la curva, los factores que empiezan a determinar el consumo son nutricionales, como la digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos, considerando la oferta de forraje como no limitante.

"El peso de bocado puede expresarse en términos de volumen (profundidad x área) y la densidad del forraje del horizonte de pastoreo" (Hodgson, Burlison, citados por Cangiano et al., 1996). Este es altamente sensible a la variación en la altura del forraje y ante una disminución de la altura de la pastura, el tiempo de pastoreo y la tasa de bocados tienden a aumentar en compensación, hasta un cierto valor critico en el cual la compensación es insuficiente para evitar una caída en la tasa de consumo y el consumo diario.

En pasturas en estado vegetativo o estado reproductivo temprano, el tamaño de bocado se incrementa al incrementarse la altura (Arias et al., citados por Forbes, 1998) siendo este el componente principal del comportamiento ingestivo en pastoreo que influye en el consumo (Mursan et al., 1989).

2.5.3. Relación asignación de forraje – consumo

Según Jamieson y Hodgson (1979) a medida que la oferta de forraje disminuye existe una reducción en el consumo como resultado de un incremento creciente en la dificultad de aprehensión e ingestión del forraje.

La producción animal, siempre y cuando los factores intrínsecos del animal no sean limitantes, es afectada a través de la selección de la dieta y la estructura de la pastura, donde el consumo es muy sensible a cambios en la fitomasa, oferta de forraje y altura, de manera que pequeñas variaciones en cualquiera de éstas tendrá gran efecto (Cangiano et al., 1996).

Wales et al., citados por Dalley et al. (1999), encontraron que los animales en general seleccionan con altas asignaciones dietas con mayor cantidad de proteína cruda y menores niveles de fibra detergente neutro en relación con bajas asignaciones de forraje.

En situaciones donde el forraje está compuesto de hojas de relativa alta calidad y tallos de menor valor nutritivo, al aumentar la presión de pastoreo puede lograrse una mayor eficiencia de cosecha, pero la misma se logrará obligando a los animales a consumir una mayor proporción de tallos en su dieta, por lo tanto, se resentirá la producción Frasinelli, citado por Escuder (1996b), trabajando con alfalfa, observó que a medida que la oferta de forraje disminuía y, fundamentalmente, frente a un menor contenido de hojas, la respuesta de los animales fue aumentar el tiempo de pastoreo y la tasa de bocados, pero disminuyendo el peso de los mismos y el consumo, lo que provocaría una disminución en la producción. Este tipo de respuesta es similar a la Mencionada por Hodgson, citado por Escuder (1996b) con otras 54 especies, por lo que se puede asumir que este comportamiento es válido en cualquier tipo de pastura.

Trabajos realizados en la EEMAC por López et al. (2012), sobre la mezcla dactylis con alfalfa, en su primer año de vida, durante en el período invierno primaveral, con ofertas de forraje de 6,7 % del peso vivo para animales de raza Holando, obtuvieron ganancias de 0,95 kg/an/día y 409 kg de carne /ha. Por otra parte, Capandeguy y Larriera (2013) para la misma mezcla, en su primer verano y segundo otoño de vida, con asignaciones de forraje de 2 % del peso vivo para animales de raza Holando, obtuvieron ganancias de 0,90 kg/an/día y una producción de carne por hectárea de 498 kg. En tanto Bianchi et al. (2012) obtuvieron 275 kg de PV/ha, y 1,2 kg/an/día 55 para el período

estivo-otoñal, sobre la misma mezcla al finalizar su primer año de vida, manejados con una asignación de forraje de 4,9% del PV.

Abud et al. (2011) reportaron para una pastura compuesta por *Festuca arundinacea, Trifolium repens* y *Lotus corniculatus,* durante el período estivo-otoñal, al finalizar su primer año, producciones de 187,5 kg/ha de peso vivo, y 1,26 kg/animal/día, cuando fueron manejados novillos Holando, con una asignación de forraje de 10,5% del PV. En tanto Bianchi et al. (2012) para el mismo período y mezcla, obtuvieron 178 kg de PV/ha, y 0,80 kg/an/día, manejados con una asignación de forraje de 2,4% del PV.

2.6. RENDIMIENTO EN SOJA

Los factores determinantes del crecimiento son el genotipo, la temperatura, el fotoperíodo y la radiación solar, dichos factores determinan el rendimiento potencial. Los factores limitantes son el agua y el suelo, que son considerados factores que determinan el rendimiento alcanzable. Finalmente, los factores reductores del rendimiento alcanzable, son las malezas, las enfermedades y las plagas y su control y son los que definen el rendimiento logrado ó real (Syngenta, s.f.).

El rendimiento de la soja se lo puede dividir en sus componentes indirectos y directos. Los indirectos son el número de plantas, de vainas por metro cuadrado y de granos por vaina. Y los directos son el número de granos por metro cuadrado y al peso de los granos (Álvarez, 2010).

Sin embargo, los dos componentes principales son: el número de granos por unidad de superficie y el peso de los granos. Si bien existen compensaciones entre estos componentes, menor número de granos pero de mayor peso o mayor número de grano de menor peso, guardan cierta independencia entre sí. El número de granos es el componente que mejor explica las variaciones de rendimiento (Syngenta, s.f.).

El período donde se da la formación de los componentes directos es fundamental para lograr el rendimiento potencial, este es el denominado período crítico. Esta es la etapa más sensible del cultivo debido a que si ocurre algún tipo de estrés ambiental la planta tendrá menor rendimiento total por falta de formación de granos.

Se define como período crítico para la generación del rendimiento aquel período durante el ciclo del cultivo en el cual las disminuciones en la tasa de crecimiento inciden marcadamente y explican las variaciones en el rendimiento en grano (Cárcova et al., 2003). Para el caso del cultivo de soja, a diferencia de otros cultivos el número y peso de los granos se define durante un período muy extenso del ciclo del cultivo, sin embargo no todo el ciclo resulta de igual importancia en la definición del rendimiento. Condiciones ambientales adversas en etapas tempranas del cultivo pueden ser

compensadas si la calidad del ambiente mejora, no afectando el número de granos (Andrade et al., citados por Kantolic et al., 2003b).

Se ha demostrado que el número de granos está limitado por la actividad de la fuente de fotoasimilados durante la etapa que se extiende de R1 a R6, a esto se le debe agregar que las restricciones en la tasa de crecimiento en las primeras etapas reproductivas pueden ser compensadas por un aumento en el peso de los granos, por lo que el período R1-R3 no es generalmente considerado crítico para el rendimiento. En contraparte limitaciones posteriores (R4-R6) tiene un efecto directo sobre el rendimiento al reducir el número de granos con menores posibilidades de compensaciones en el peso de granos (Andrade et al., citados por Kantolic et al., 2003b).

Entonces, según los conocimientos aportados por la facultad de agronomía, factores de estrés como restricciones hídricas, deficiencias nutricionales, sombreo, así como factores bióticos como daño por insectos, enfermedades y competencia por malezas deprimen las tasas de crecimiento y por ende los rendimientos del cultivo.

Sin embargo la temperatura y el fotoperiodo son los factores ambientales más importantes para la determinación del rendimiento.

La temperatura está involucrada en la duración de los estados fenológicos de los cultivos, a medida que las plantas son expuestas a temperaturas más elevadas se produce una aceleración del desarrollo (Miralles et al., 2003). La tasa de desarrollo surge de la relación entre la duración de una fase fenológica y la temperatura, y a partir de esta se definen las temperaturas cardinales, la temperatura base (Tb), temperatura óptima 4 (To) y temperatura máxima (Tm). Para que haya desarrollo la temperatura debe ser mayor a Tb, el desarrollo aumenta linealmente hasta la To, y declina entre la To y la Tm (Sadras et al., 2002).

Por otra parte las respuestas al fotoperiodo son complejas y varían con la especie y el estado de desarrollo (Sadras et al. 2002, Miralles et al. 2003). Para el caso de la soja el fotoperiodo regula la mayor parte de los eventos reproductivos. Es una especie de día corto con respuesta cuantitativa al fotoperiodo, es decir, se demora en florecer si el fotoperiodo está por encima de un valor crítico (Sadras et al. 2002, Kantolic et al. 2003b).

El fotoperiodo a partir del cual se induce la floración, como la sensibilidad al mismo presentan una gran variación genotípica, los grupos de madurez más cortos presentan fotoperiodos mayores y baja sensibilidad y a medida que aumenta el grupo de madurez disminuye el fotoperiodo y aumenta la sensibilidad (Kantolic et al., 2003b).

2.7. COMPACTACIÓN

Según INIA (2018), se entiende por compactación a la reducción de la porosidad debido a fuerzas de compresión, donde las partículas y agregados del suelo son forzadas a estar más próximas entre sí. En un suelo compactado se afectan distintos procesos que son propios de un suelo fértil: el intercambio de gases, la infiltración, almacenamiento de agua, el crecimiento y la función radicular. También agrega que la capa más afectada no es la superficial (0-5cm) sino la que se ubica entre los 5-15 centímetros.

"Defossez y Richard definen a la compactación como el proceso por el cual las partículas del suelo son reubicadas para ocupar los espacios vacíos, quedando en estrecho contacto entre sí. Esto genera un aumento de la densidad aparente y altera la disposición espacial, tamaño, forma de los agregados y en consecuencia, se reduce el espacio poroso, tanto dentro, como entre estas unidades" (Defossez y Richard, citados por Hamza y Anderson, 2005).

Según Sellés y Fereyra (2013), la densidad aparente se define como la relación entre la masa de suelo seco (sin agua) y el volumen que ocupa dicha masa de suelo. Este volumen incluye tanto las partículas sólidas como el espacio poroso existente entre las partículas. Este último está definido en gran medida por la textura de suelo y por el grado de agregación entre las partículas o estructura del suelo.

Por lo tanto, al disminuir el espacio poroso del suelo hay un aumento en la densidad aparente. Esto genera que se aumente la resistencia mecánica del suelo, por ende, se rompa y debilite la estructura de este. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la aireación del suelo (Pioneer, s.f.).

Además, agrega que la reducción de la microporosidad es la más importante y limitante para los cultivos. Al verse afectada la capa compactada no se dará la infiltración del agua en el suelo. Con lo cual, el suelo, no logrará retener el agua en los microporos y no podrá almacenar y suministrar agua a la planta (Pioneer, s.f.).

A su vez, la compactación va a tener una gran influencia sobre el crecimiento de las plantas, debido que las plantas dependen en muy alto grado de su desarrollo radicular.

2.8. EFECTOS DE LA COMPACTACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE SOJA

El principal problema según Etchegoimberriy y Ernst (2018) está en la captura y utilización del agua y recursos por el cultivo. Como son radiación, temperatura, aporte de agua y nutrientes aportados.

Sobre la captura y utilización del recurso agua por el cultivo, Kantolic (2003a), menciona que la mayor parte de la variabilidad en el rendimiento entre años y sitios, está asociada a la oferta de agua. La misma depende del nivel inicial de agua en el suelo, sumado a las precipitaciones que se den, y la proporción que es efectivamente retenida en el perfil. Sin embargo, no toda el agua del suelo está disponible para las plantas. Esto se puede deber a que el agua sea retenida con mayor fuerza por el suelo y por lo tanto a la planta le cueste más extraerla, ya sea porque existan impedancias (como la compactación); o puede ser también porque se encuentra en sitios del mismo donde las plantas no pueden alcanzar, porque las raíces no han crecido donde se encuentra el agua. Conclusión, parte de la variación en los rendimientos, puede estar dada por la capacidad de las plantas de acceder a los sitios en donde está el recurso, y capturarlo.

Otro factor que se puede ver afectado es la actividad de las raíces. Esto se debe, a que la disminución de la macroporosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del mismo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces. En consecuencia, habrá un menor crecimiento del sistema radicular y por lo tanto un menor volumen de suelo explorado, lo que va a generar una menor absorción de agua y nutrientes (Pioneer, s.f.).

No solo puede crecer menos, sino que puede formar un sistema radicular de muy poca profundidad. Según Bennie (1996), cuando existen poros contiguos las raíces crecerán a lo largo de estos, como resultado de la baja impedancia mecánica. La profundidad del suelo, el espesor y la resistencia mecánica tienen como principal función la normal distribución de las raíces en el perfil del suelo. A ejemplo de esto las raíces que se desarrollan en suelos con restricciones están sometidas a cambios morfológicos (acortamiento, engrosamiento y formas irregulares). El acortamiento de las mismas genera menor exploración del suelo, limitando la búsqueda de nutrientes y agua, obligando a la misma a un consumo más rápido por unidad de longitud de raíz (USDA, 1999).

Botta (2018) explica este menor crecimiento de las raíces por un mayor costo energético de la planta ante la restricción del suelo. El mismo genera alta impedancia y mayor esfuerzo de tracción. Además, agrega que la compactación hace que haya menor infiltración y traficabilidad. Esto genera menor oportunidad de labor, anegamiento y erosión del suelo. Por último, menciona que la falta de aire en estos suelos hace que haya una menor mineralización y nodulación por parte la planta.

Por otra parte, Syngenta (s.f.), asegura que en comparación con otras especies como el maíz, el número de granos de la soja es menos sensible al estrés. Esto es debido a que posee una gran plasticidad vegetativa y reproductiva, el período crítico de determinación del rendimiento es largo y la partición de materia seca hacia estructuras reproductivas no es afectada mayormente.

Por último, en Pioneer (s.f.), se menciona que una compactación severa puede causar una pérdida de rendimiento de hasta un 60%, sin embargo, se estima que en promedio la compactación reduce el potencial de rendimiento entre un 10 a 20%.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en UdelaR. FA. EEMAC (Estación Experimental "Mario A. Cassinoni"), la cual se encuentra ubicada en el departamento de Paysandú (Uruguay).

El experimento se encuentra dentro del área de evaluación de pasturas bajo riego.

Dicho trabajo se realizó desde el día 21 de noviembre de 2019 hasta el 15 de mayo en el año 2020. El experimento fue realizado sobre un cultivo de soja y sobre una mezcla de *Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense.*

3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO EXPERIMENTAL

De acuerdo a la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976) escala 1:1.000.000 el experimento está ubicado sobre la Unidad San Manuel, que se corresponde a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos que dominan la zona son Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosos (limosa). En asociación con estos se encuentran Brunosoles Éutricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

3.3. ANTECEDENTES DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Para el caso de la mezcla de *Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense*, se las evaluó desde mediados de su primera primavera hasta fines de su segundo otoño. Esto hizo que, al tratarse de dos raigrases anuales, ya casi no hubiera presencia de estos al momento del experimento, por lo que la mezcla paso a ser casi exclusivamente trébol rojo.

La misma fue sembrada sobre una regeneración de campo, en estado de campo bruto con un período de barbecho de aproximadamente 120 días. Se aplicó una dosis de 4 l/ha de glifosato para comenzar el mencionado tiempo de barbecho químico.

Estas fueron sembradas el 2 de abril de 2019 y la densidad de siembra fue de 10 kg/ha de *Lolium multiflorum* cultivar Ration más 10 kg/ha de *Lolium multiflorum* cultivar Montoro más 6 kg/ha de *Trifolium pratense* cultivar LE 116.

Para el caso de *Glycine max* se realizó la siembra el 25 de noviembre de 2019. El cultivar utilizado fue DM 60i62 a una distancia de 0.5 m entre líneas y la población objetivo por metro fue de 15 plantas.

Esta fue sembrada sobre los raigrases puros del período de evaluación anterior con un barbecho químico de 32 días, se aplicó una dosis de 4 l/ha de glifosato, 1,5 l/ha de 2,4D y 150cm3/ha de Lontrel.

Los raigrases se sembraron el 2 de abril de 2019 al igual que las mezclas descritas anteriormente. Estos, corresponden a dos cultivares de *Lolium multiflorum* cultivar Montoro y cultivar Ration pertenecientes a la empresa Procampo, los cuales se sembraron con una densidad de 20 kg/ha.

3.4. TRATAMIENTOS

Los tratamientos consisten en:

1. 20 kg Ration y en verano soja.
2. 20 kg Montoro y en verano soja.
3. Mezcla 10 kg Ration + 10 kg Montoro + 6 kg TR LE 116 (soja 2do año).
4. Mezcla 10 kg Ration + 10 kg Montoro + 6 kg TR LE 116.

Figura 1. Esquema espacial del experimento de 2 años

Trat.	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
1	Rg. CM.	Rg. CM.	Soja	Soja	Rg. CM.	Rg. CM.	Soja	Soja
2	Rg. CL.	Rg. CL.	Soja	Soja	Rg. CL.	Rg. CL.	Soja	Soja
3	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Soja	Soja
4	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.	Rg. M. + Tr.

Como se comentó anteriormente, este experimento que abarca el período comprendido entre el 21 de noviembre hasta el 15 de mayo está enmarcado dentro de una investigación más grande que abarca un período de dos años. Este cuadro muestra el uso del suelo de esos dos años, mientras que el cuadro por debajo muestra el uso del suelo del período de este experimento.

El experimento se distribuyó de la siguiente manera:

Figura 2. Diseño experimental

Bloque				
1	3	4	2	1
2	1	4	2	3
3	2	3	1	4

Tajamar

El experimento es pastoreado con 2 grupos de 3 animales correspondientes a cada tratamiento, de forma rotativa por bloque. El criterio de entrada y de salida a la parcela es por altura de la pastura, en este caso, la misma es de 20 a 7 cm respectivamente. Se pretendió una oferta de forraje de 5 a 6 % (kgMS/100kgPV).

Cuadro No. 3. Días de descanso

Ciclo de pastoreo	Días de descanso	Inicio	Fin
1	22	29/9/2019	21/10/2019
2	20	25/10/2019	14/11/2019
3	80	17/11/2019	5/2/2020
4	45	8/2/2020	24/3/2020

El cuadro muestra los días de descanso previo a cada ciclo de pastoreo con sus respectivas fechas. Para el inicio del período de descanso n, se tomó la fecha de salida del ciclo de pastoreo anterior y para el de finalización se tomó la fecha de inicio de pastoreo del mismo ciclo

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento realizado se trata de un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), el mismo consiste en 4 tratamientos y 3 repeticiones. La unidad experimental fue la parcela cuyo tamaño es de 30x14 m y cuenta con una superficie total de 0,504 ha.

3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En el presente trabajo se midió la producción de forraje en kg/MS/ha de la mezcla mencionada anteriormente, también se estudió como variaba la composición botánica a lo largo de todo el período experimental, porcentaje de gramíneas, de leguminosas y de maleza.

También se midió producción animal tanto en ganancia de peso individual, así como en kg producidos por hectárea.

Por último, se midió el rendimiento en grano de soja en kg/ha. Se comparo con las muestras de suelo tomadas al inicio del experimento, para medir el efecto residual del aporte de biomasa por parte de los raigrases de distinto ciclo y su interacción con el rendimiento en grano de soja.

3.7. MEDICIONES DE LAS PRINCIPALES VARIABLES

En esta sección se pretende explicar cómo se realizaron las mediciones de las principales variables estudiadas durante el experimento.

3.7.1. Forraje disponible y remanente

El forraje disponible hace referencia a la cantidad de forraje que hay en una parcela en kg/Ms/ha antes de que los animales ingresen a pastorear. Por lo tanto, el forraje remanente es aquel forraje expresado en kg/Ms/ha que queda en la parcela luego de efectuado el pastoreo.

Para las medidas de estas variables, se procedió a la creación de una escala visual para la cual se tomaron 10 medidas altura de forraje. La metodología usada fue, dividir el forraje en estratos, para los cuales se identificó la altura máxima y la mínima de la pastura y dentro de ese rango se tomaron 8 medidas más.

Para cada uno de estos estratos, se utilizó un cuadrado de 30x30 cm y se realizó un corte al ras con tijera de hierro, cada muestra fue embolsada e identificada. Luego, se llevaron las muestras al laboratorio para determinar su peso fresco. Al terminar, se colocaron las mismas dentro de estufas de circulación de aire forzado a 60 ^{o}C durante 48 horas y se determinó el peso seco de cada una. Esto se hizo con el objetivo de crear una ecuación de regresión que permitiera determinar cuántos kg/Ms/ha existían por cada centímetro de altura de la pastura (medida de doble muestreo). En esta ecuación se sustituyó la x por la altura de la pastura que da como resultado los kg de materia seca por hectárea.

Este procedimiento, se realiza para cada ciclo de pastoreo ya que la estructura de la pastura cambia con cada uno de estos.

3.7.2. Altura del forraje disponible y remanente

Para determinar tanto la altura del forraje disponible como la del forraje remanente se procedió a recorrer la parcela siguiendo un mismo patrón para cada parcela. Se tomaron 30 muestras de altura para cada parcela. Para cada muestra se colocó la regla y se registró la altura del punto más alto que tocaba la regla (Barthram, 1986).

Por último, se promedió las 30 muestras para obtener la altura promedio de cada parcela y con esta, la altura promedio por tratamiento.

3.7.3. Producción de forraje

La producción de forraje expresado en kg/ms/ha fue calculada a través de la diferencia entre el forraje disponible y el remanente del pastoreo anterior. A esto, se lo ajusto por la tasa de crecimiento diario que expreso la pastura durante cada ciclo de pastoreo (Campbell, 1966).

3.7.4. Materia seca desaparecida

La cantidad de materia seca desaparecida expresada en kg de materia seca por hectárea fue calculada a través de la diferencia entre el forraje disponible y la cantidad de forraje remanente luego del pastoreo. Durante el ciclo de pastoreo representa la cantidad de materia seca consumida por los animales.

3.7.5. Porcentaje de utilización

Hace referencia a la proporción del forraje disponible, que se encuentra dentro del forraje desaparecido, se calcula mediante la relación entre el forraje desaparecido y el forraje disponible antes de iniciar el período de pastoreo.

3.7.6. Composición botánica

Esto indica la proporción de espacio que ocupan las gramíneas, leguminosas y malezas dentro del cuadrado utilizado, este es el mismo que se utiliza para cuantificar la producción de forraje. Por otro lado, se cuantifico el espacio que ocupa el suelo descubierto. Estas cuantificaciones se realizaron por apreciación visual (Brown, 1954) y se realizaron 30 mediciones dentro de cada parcela.

3.7.7. Peso animal

El peso animal fue medido de forma individual para cada ciclo de pastoreo, para esta medición, se utilizó una balanza electrónica experimental de forma de aumentar la precisión. Para esta medición se procedió a encerrar a los animales en un corral y dejarlos 6 horas en ayuno previas a pesarlos, una vez desbastados se los pesó.

3.7.8. Ganancia de peso promedio diaria

Esta fue calculada por medio de la división de la ganancia total de cada ciclo de pastoreo, a la ganancia total se la dividió entre los días totales de cada ciclo y se obtuvo la ganancia de peso promedio diaria. La ganancia de peso total de cada ciclo se obtuvo

restando el peso animal inicial del período de pastoreo al peso final animal del período de pastoreo.

3.7.9. Oferta de forraje

La oferta de forraje fue calculada como los kilos de materia seca disponibles por día, cada 100 kg de peso vivo animal.

3.7.10. Producción de peso vivo

Se dividió las ganancias totales entre la superficie utilizada, este cálculo se hizo para cada tratamiento para poder cuantificar la producción de carne de cada uno de ellos por separado. Este valor se expresa en kg de peso vivo producidos por hectárea.

No se puede hacer un análisis estadístico para saber esto, ya que no existen repeticiones de grupos de animales, solo repeticiones de animales pastoreando un mismo tratamiento, por lo que, si se le puede hacer un análisis estadístico a las GMD, pero no a la ganancia por hectárea del experimento.

El cuadro muestra las ganancias de peso que se obtuvieron en el experimento para cada tratamiento, como en este experimento, los animales no estuvieron siempre en el mismo, para calcularse las ganancias por ha, se tuvo que ponderar la ganancia del experimento por la superficie y por el tiempo de ocupación.

Las ganancias por ha muestran las ganancias que hubieran obtenido los animales en una hectárea si estos hubiesen pastoreado siempre el experimento

3.7.11. Rendimiento de soja

Para obtener el rendimiento del cultivo de soja se procedió a cosechar manualmente las plantas. Para esto, se tomaron 8 hileras distintas y para cada una se midió un metro lineal y se cosecharon las plantas de manera de armar fardos, se dejaban secar y luego en laboratorio se introducían en una cosechadora experimental que separaba los granos. Los granos se pesaron y se corrigió el peso por humedad, con el peso de la muestra que equivalía a 8 metros lineales y sabiendo que las hileras tenían una separación de 0,5 metros, se obtuvo el rendimiento por superficie.

3.8 HIPÓTESIS

3.8.1. Hipótesis biológica

a)

- Ho: los diferentes tratamientos (raigrás de ciclo largo y raigrás de ciclo corto) no inciden sobre el rendimiento en grano de soja.
- Ha: existe al menos un tratamiento que si incide en el rendimiento en grano de soja.

b)

- Ho: los tratamientos de raigrás y trebol rojo no presentan diferencia en producción de forraje y carne
- Ha: existe al menos un tratamiento que es diferente en las variables evaluadas.

3.8.2. Hipótesis estadística

a)

Ho: T1=T2

Ha: existe algún efecto relativo diferente de un tratamiento

b)

Ho: T3=T4

Ha: existe algún efecto relativo diferente de un tratamiento

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Mediante el uso de la herramienta informática INFOSTAT se determinó el análisis de varianza entre tratamientos, para el caso que existe diferencias entre ellos la misma se estudiará a través de un análisis comparativo de medias Tukey con una probabilidad de 10%.

3.10. MODELO ESTADÍSTICO

El modelo utilizado para evaluar producción de forraje o grano fue un (DBCA) Diseño en Bloque Completos al Azar.

- $Y\ i\ j = \mu + ti + \beta j + \xi ij$

Siendo estas:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- ti = es el efecto de la i-ésimo tratamiento.
- Bj = es el efecto del j-ésimo bloque.
- ξij = es el error experimental.

El modelo estadístico utilizado para evaluar la producción animal fue
$Yi1 = \mu + ti + \beta 1 + \varepsilon i1$ con $\varepsilon i1$ iid ~ N (0; $\sigma 2$)
Donde:

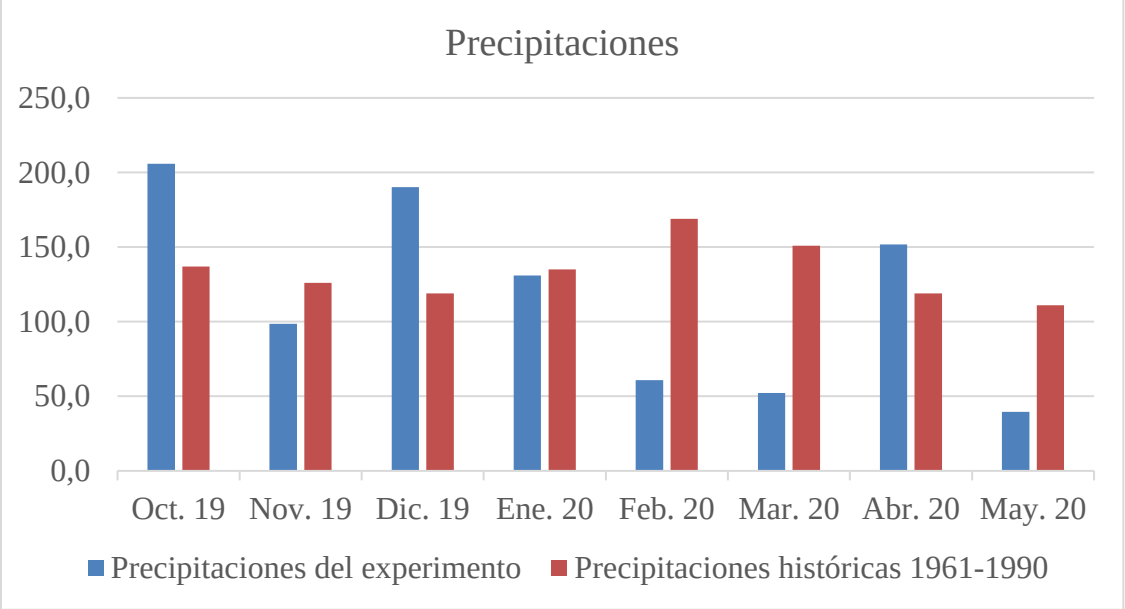
- Y = corresponde a la variable de interés
- μ = es la media general
- ti = es el efecto de la i-ésimo tratamiento
- B1 = covarianza del peso inicial
- $\xi i1$ = es el error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

En la siguiente gráfica, se comparan los datos para precipitaciones correspondientes al experimento contra la serie histórica de precipitaciones obtenida por INUMET para el período 1961-1990.

Figura 3. Comparación de precipitaciones

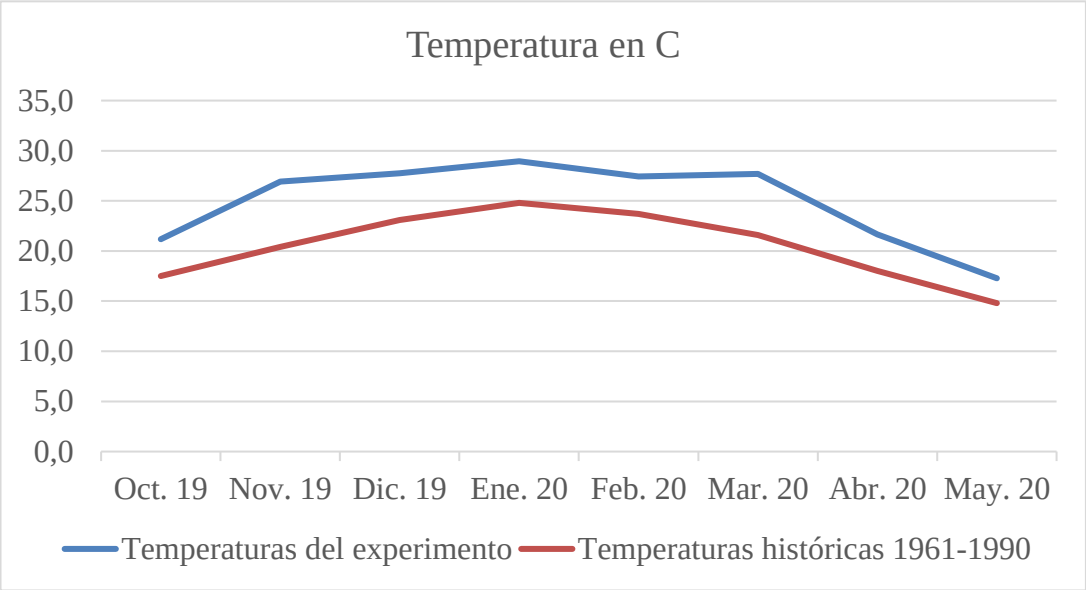


Tal como muestra la gráfica, se presenta un noviembre un poco por debajo del promedio histórico para Paysandú que sin embargo permitió acumular agua en el perfil y lograr una buena implantación de la soja, esto se puede observar en el balance hídrico dentro de los anexos.

Se presentó una primera mitad del verano con buenas precipitaciones, por encima del promedio, lo que permitió acumular agua en el perfil. Esto, va a explicar en parte, las altas producciones y disponible de forraje que presento el trébol rojo para el ciclo de pastoreo 3 que fue en los primeros días de febrero.

En la gráfica presentada, se compararon las temperaturas medias del experimento con el registro de temperaturas de la serie histórica 1961-1990 de INUMET para Paysandú.

Figura 4. Temperaturas medias



Las temperaturas del experimento son mayores a la de la serie histórica. Si bien, en parte del tiempo del experimento las temperaturas son óptimas para el crecimiento del trébol rojo, existe un amplio período que estas están por encima del óptimo (MAGP. SENASA. SINAVIMO, 2019b).

4.2. DISPONIBLE Y REMANENTE

En el siguiente cuadro se presentan las medias en Kg MS/ha del forraje disponible y remanente discriminadas según tratamiento. En este caso, los únicos tratamientos presentados son el 3 y el 4 debido a que estos contienen la mezcla de raigrás y trébol rojo y el resto de los tratamientos corresponden a cultivos de soja.

Como era de esperarse, los tratamientos no presentan diferencias significativas para disponible ni para remanente debido a que, ambos tratamientos son la misma mezcla forrajera y recibieron el mismo manejo, estos se diferencian únicamente en que el tratamiento 3 pasa a ser soja en su segunda primavera.

Cuadro No. 4. Kilos de MS disponible y remanente/ha por tratamiento

Tratamiento	Disponible Promedio	Remanente Promedio
3	3413 A	963 A
4	3388 A	885 A

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

Si se toma en cuenta los resultados obtenidos para forraje disponible por Figueira y Gómez (2018) presentados en su tesis de grado, se puede observar que en este experimento se presento mayor disponibilidad de forraje promedio que en el anterior trabajo. Para la misma mezcla y mismo periodo se obtuvieron 2165 kg/ms/ha, esto se podria deber a mejores condiciones climáticas para el crecimiento del forraje y el manejo de la pastura, como tambien a problemas logísticos presentados para el ciclo de pastoreo 3, haciendo que el promedio de la cantidad de forraje disponible aumente.

Cuadro No. 5. Cantidad de MS disponible/ha por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Media
3	5976 A
1	3068 B
4	2292 B
2	2268 C

Se observan diferencias para el forraje disponible de los ciclos de pastoreo, siendo el 3 el que presenta mayor disponibilidad seguido por el 1 y el 4 y por último el ciclo de pastoreo 2.

Estas diferencias en la cantidad de forraje disponible no se explican por la cantidad de forraje remanente fotosintéticamente activo, ya que los ciclos de pastoreo que tuvieron mayor disponible no fueron aquellos que provienen de los ciclos con mayor forraje remanente, lo cual se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 6. Cantidad de MS remanente/ha por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Remanente
1	1224 A
3	1073 A
2	733 B
4	664 B

Estas diferencias en la cantidad de forraje disponible se deben principalmente a los días de descanso previos a cada ciclo de pastoreo y a las condiciones climáticas para cada ciclo.

El ciclo de pastoreo que expreso la mayor cantidad en Kg MS/ha disponible fue el ciclo 3, el cual obtuvo 80 días de descanso y aunque se registraron temperaturas por encima de las óptimas 28 ^{0}C (MGAP. SENASA. SINAVIMO, 2019b) provenía de recibir precipitaciones abundantes. El ciclo que le siguió en kg MS/ha disponible fue el ciclo 1, que, si bien tuvo 22 días de descanso previos, se presentaron temperaturas optimas de entre 21 y 24 ^{0}C (MGAP. SENASA. SINAVIMO, 2019b) también con precipitaciones abundantes por encima de la media histórica logrando altas TC lo cual se verá en el cuadro no. 9. Último, pero no menos importante, en este ciclo de pastoreo hay una fuerte presencia del raigrás (82%) el cual tiene mayor porcentaje de MS que el trébol rojo, por lo cual la pastura aporta más kg/MS/cm que si fuera solo trébol rojo. El ciclo de pastoreo 4 presenta casi la misma cantidad de forraje disponible que el ciclo de pastoreo 2 aunque se le dieran 40 días de descanso ya que fue el 24/03/2020 donde se presentó un marcado déficit hídrico lo que deprimió aún más su TC. En el ciclo de pastoreo 2 se presentan temperaturas de 27 ^{0}C con lluvias por debajo del promedio histórico que provocaron una TC menor que el ciclo de pastoreo 1, además se le dieron 20 días de descanso. Una menor TC y una disminución en los días de descanso provocaron un menor disponible de este ciclo.

4.3. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

A continuación, se presentan los datos obtenidos para producción de MS/ha para cada tratamiento.

Cuadro No. 7. Producción de forraje (Kg de MS/ha) acumulada por tratamiento

Tratamiento	Producción acumulada
3	10540 A
4	10470 A

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

Como es de esperarse, este cuadro muestra que no existen diferencias significativas entre la producción de forraje medida como Kg MS/ha para los distintos tratamientos.

Si bien la producción de forraje para ambos tratamientos es superior a la esperada, según Cuitiño et al. (2015) la producción de forraje del primer año para cultivar Estanzuela 116 es de 10500 kg/MS/ha, la misma cantidad que se registró en el experimento, estos datos se obtuvieron para el periodo primavera estival, periodo en el cual el trébol rojo aporta el 76% de su producción anual. Por lo que en el experimento se registraron medias un 24 % mayores.

Esto podría explicarse por las condiciones ambientales en el experimento sumado a que se trataba de parcelas experimentales chicas de $420m^2$ esto implica que se tratan de parcelas muy homogéneas y ya que los rendimientos de soja también fueron altos lo que podría deberse a alta fertilidad.

Cuadro No.8. Producción de forraje por ciclo de pastoreo (Kg de MS/ha)

Tratamiento	Media
3	5441
1	2558
4	1299
2	1206

La producción de forraje durante el experimento varió principalmente por las mismas razones que el forraje disponible, estas son días de descanso previo al pastoreo, las condiciones climáticas y la tasa de crecimiento (TC).

Se puede observar que, el ciclo de pastoreo que mayor forraje produjo fue el 3 que a su vez fue el que tuvo más días de descanso entre pastoreos. Luego el 1 que si bien tiene menos días de pastoreo tuvo mejores condiciones climáticas que el resto con temperaturas optimas entre 21 y 24 ^{0}C logrando así las mayores TC, mayor proporción de raigrás y, menor proporción de malezas, las que aportan menos cantidad de materia seca por ser menos productivas.

Los ciclos 4 y 2 no expresaron diferencias entre sí. Esto se debió a que, si bien el ciclo de pastoreo 2 expreso una TC mayor a la del ciclo 4, este tuvo 22 días menos para acumular MS.

4.4. TASA DE CRECIMIENTO

A continuación, se presenta únicamente la tasa de crecimiento para los distintos ciclos de pastoreo ya que la tasa de crecimiento entre los tratamientos no presenta diferencias significativas.

Cuadro No.9. Tasa de crecimiento (Kg de MS/ha/día) por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Producción de MS
1	100,5 A
3	66 B
2	54,5 B
4	26,5 C

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

Se observa que el ciclo de pastoreo que tuvo la mayor tasa de crecimiento expresada como Kg de MS/día fue el ciclo de pastoreo 1 seguido por el 3 y el 2 los cuales no presentan diferencias significativas entre sí y por último el ciclo de pastoreo 4 el cual fue el que tuvo la menor tasa de crecimiento.

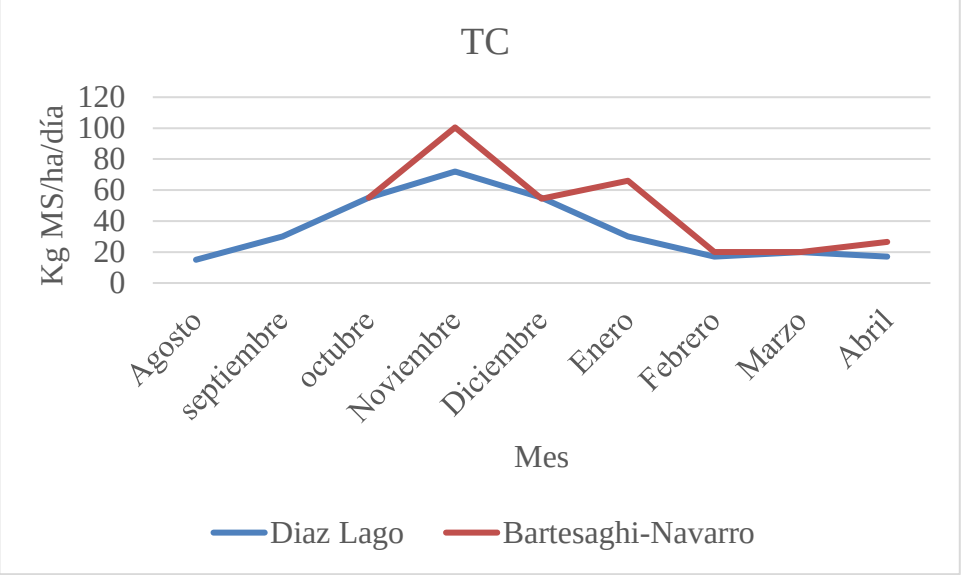
Estas diferencias en la tasa de crecimiento se explican principalmente por las variaciones de temperatura y precipitaciones dentro del experimento. El ciclo de pastoreo 1 se dio en la primavera, el trébol rojo creció con temperaturas óptimas para su crecimiento, sin déficit hídrico y radiación en aumento lo que hizo que las tasas fotosintéticas fueran mayores, además el periodo de crecimiento fue corto por lo que las tasas fotosintéticas siempre fueron altas logrando las mayores tasas de crecimiento.

Los ciclos de pastoreo 3 y 2 tuvieron una tasa de crecimiento menor que el ciclo de pastoreo 1 debido a que las temperaturas medias aumentaron por encima de la temperatura optima de crecimiento para la principal especie forrajera en ese momento, disminuyendo su crecimiento. De igual manera, el ciclo 3 rindió más que el ciclo 2 por presentarse mejores condiciones hídricas en este período, en el ciclo de pastoreo 2 se presentaron deficiencias hídricas mientras que en el 3 no.

Por último, el ciclo de pastoreo 4 presenta la menor tasa de crecimiento de todos los ciclos ya que la temperatura media siguió por encima de la temperatura optima y además en este ciclo se dieron las deficiencias hídricas más severas.

Si bien las TC obtenidas en el experimento son mayores a las obtenidas por Díaz Lago et al. (1996) estas siguen las mismas tendencias como se puede ver en la siguiente gráfica.

Figura 5. Tasas de crecimiento (kg MS/día)



4.5. FORRAJE DESAPARECIDO

A continuación, se presentan los datos para la cantidad de forraje desaparecido para cada ciclo de pastoreo. Se presenta únicamente para cada ciclo de pastoreo ya que no hay diferencias significativas entre cada tratamiento, debido a que, el manejo de los distintos tratamientos fue el mismo y a que no existieron diferencias significativas entre disponible ni remanente de cada tratamiento como ya se explicó anteriormente.

Cuadro No.10. Forraje desaparecido (Kg de MS/ha) por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Desaparecido
3	4903
1	1843
4	1628
2	1534

Existieron diferencias en todos los ciclos, aunque las mayores diferencias numéricas se vieron en el ciclo de pastoreo 3, esto se debe a que fue por mucho el que obtuvo mayor cantidad de forraje disponible, siendo mucho menores las variaciones de cantidad de MS remanente entre ciclos.

Cabe destacar que, si bien el ciclo de pastoreo 3 fue el que expreso mayor cantidad de forraje desaparecido, este también fue el que obtuvo las menores GMD. Esto se explica ya que cuanto mayor oferta de forraje hay, el desaparecido no es un buen reflejo de la cantidad de forraje consumido. En este caso, el forraje disponible presentaba gran acumulación de restos secos, ya que el ciclo de pastoreo 3 tuvo 80 días de descanso. Al haber sido pastoreado con terneros de 170 kg estos seleccionaron más que si se hubiera pastoreado con animales más grandes por lo que una parte importante del forraje disponible no fue consumida, si no que desapareció por acción del pastoreo, por el pisoteo de los animales buscando el forraje de mayor calidad dentro de la parcela.

Para ofertas de forraje menores, de 3-4% el forraje desaparecido refleja más el forraje consumido ya que hay menor selección por parte de los animales.

4.6. COMPOSICIÓN BOTÁNICA DEL FORRAJE

En las siguientes tablas, se detallará la información obtenida en el experimento en relación con la composición botánica del forraje, esta fue porcentaje de gramíneas, porcentaje de leguminosas, porcentaje de malezas y, por último, porcentaje de suelo desnudo.

Cuadro No.11. Porcentaje de gramínea por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	% de gramínea
1	82 A
2	68 B
3	20 C
4	19 C

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

La información muestra que, como era de esperarse, el ciclo de pastoreo que presento mayor porcentaje de gramínea en el forraje fue el ciclo de pastoreo 1 seguido por el 2 y luego con un porcentaje menor, los ciclos 3 y 4.

Estas diferencias se deben principalmente a que, en los primeros ciclos de pastoreo había un gran componente de raigrás que avanzado el experimento fue muriendo por tratarse de dos cultivares anuales (Procampo, 2018).

El restante porcentaje de gramíneas de los ciclos de pastoreo 3 y 4 se debe a gramíneas espontaneas como la *Stipa setigera* y alguna planta de raigrás que no había muerto.

Cuadro No.12. Porcentaje de leguminosa por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	% de leguminosa
4	65 A
3	59 A
2	31 B
1	16 C

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

El componente de leguminosa fue en aumento a medida que avanzaron los ciclos de pastoreo. Esto se debe a que, disminuyó el componente de gramíneas en la mezcla como se explica anteriormente y a que la leguminosa en cuestión es trébol rojo, el cual presenta su mayor producción tarde en la primavera – verano lo cual coincide con Ayala et al. (2010).

Aquí se ve la importancia de lo que plantea Blaser et al., citados por Carámbula (2007) en donde una característica de gran importancia de las mezclas de gramíneas y leguminosas es que en las mezclas, las especies pueden compensar su crecimiento frente a diferentes factores climáticos, edáficos y de manejo, manteniendo no solamente en

forma más homogénea los rendimientos en ciertas épocas del año, si no también alargando el período de productividad de la pastura y confiriéndole a la vez una mayor flexibilidad en su utilización

Cuadro No.13. Porcentaje de maleza por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	% de maleza
3	21 A
4	16 A
1	2 B
2	0 B

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

Para el componente porcentaje de malezas, existen diferencias significativas entre los ciclos de pastoreo 1, 2 y 3,4. Esto se debe en mayor medida a la disminución del stand de platas del raigrás ya que al ir muriendo, las mismas dejan espacios de suelo desnudo (cuadro no. 14) que son colonizados rápidamente por parte de las malezas. Esto coincide con Carámbula (2007) que expresa que sería lógico usar una mezcla simple de especies con características similares y adaptadas al ambiente para lograr el máximo aprovechamiento del forraje, pero la desaparición de una de estas especies lleva automáticamente la pastura a un cultivo puro de baja densidad y fácilmente invadido por pastos nativos de bajo rendimiento.

Es por esto, que en los primeros ciclos de pastoreo donde hay mayor porcentaje de raigrás, hay menos porcentaje de malezas y mayor porcentaje de estas cuando disminuye el mismo.

Cuadro No.14. Porcentaje de suelo descubierto por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	% de suelo descubierto
4	36 A
3	35 A
1	28 A
2	23 A

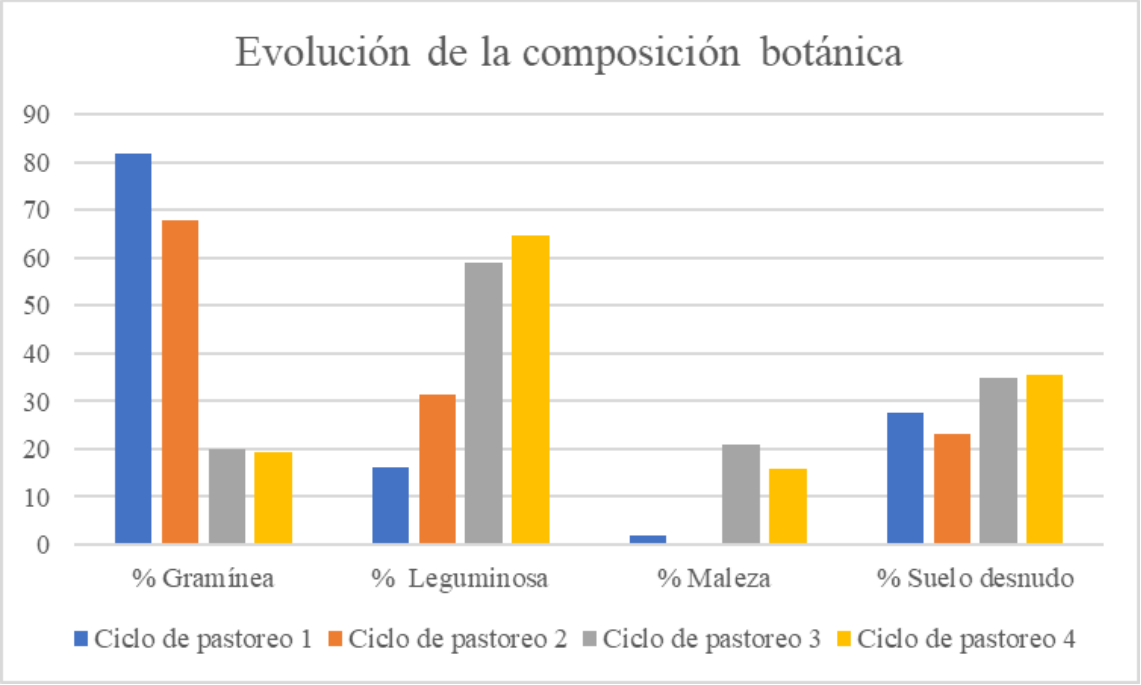
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$).

Es importante aclarar que el porcentaje de suelo descubierto se calculó tomando en cuenta la cobertura del suelo y no entra dentro del total de composición del forraje. Si bien, se podría decir que a medida que pasan los ciclos de pastoreo aumenta porcentaje de suelo descubierto no existe diferencia significativa entre estos. Aunque no se encuentren diferencias significativas, si hay variación y esta se puede deber a más de un factor. Estos son, el pastoreo y la disminución de las gramíneas.

El pastoreo, ya que un animal pastoreando puede arrancar plantas y disminuir el stand de plantas aumentando el porcentaje de suelo desnudo o también favorecer la senescencia de estas por el pisoteo.

El otro factor que puede explicar esta variación es la disminución del raigrás. Si bien, parte del suelo desnudo que dejan las gramíneas es ocupado por las malezas, estas no llegan a lograr una cobertura del suelo como la del raigrás, esto se debe a la gran capacidad de crecimiento del trébol rojo que limitó la ocupación por parte de las malezas, esto coincide con Díaz Lago et al. (1996).

Figura 6. Evolución de la composición botánica de la pastura por ciclo de pastoreo



En el gráfico puede verse la evolución botánica de los componentes del forraje discutidos anteriormente.

Por último, no se presenta información acerca de la evolución por tratamiento ya que no existe diferencias significativas para ningún componente del forraje ya que los tratamientos son los mismos y obtuvieron el mismo manejo.

4.7. OFERTA DE FORRAJE

La oferta de forraje (kg de MS/día/100 kg PV) no se mantuvo estable durante el experimento debido a que el numerador Kg de MS y el denominador Kg PV no evolucionaron de la misma manera a lo largo del mismo.

Cuadro No. 15. Oferta de forraje por tratamiento

Tratamiento	Oferta de forraje %
4	7,3 A
3	6,9 A

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

Si bien no hubo diferencias significativas en la oferta de forraje para cada tratamiento y la media fue de alrededor de 7 kg de MS/día por cada 100 kg de peso vivo animal para todo el experimento, si se encontraron diferencias significativas en la oferta a lo largo del experimento. Estos valores de oferta de forraje permitirían la expresión de altas ganancias individuales, mayores a 1 Kg/dia en novillos de por lo menos de 350 kg de PV (Agustoni et al., 2008).

Cuadro No. 16. Oferta de forraje por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Oferta de forraje %
3	12 A
1	6 B
2	5,5 B
4	4 C

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

La oferta de forraje fue variando a lo largo del experimento, encontrándose diferencias significativas entre ciclos de pastoreo. El ciclo de pastoreo que tuvo mayor oferta de forraje fue el 3 a pesar del mayor peso animal comparados con el periodo 1 y 2. Esto va de la mano con los datos presentados para forraje disponible ya que el ciclo 3 fue el de mayor cantidad de forraje disponible gracias a una mayor cantidad de días de descanso previos al ciclo.

Luego, aparecen con mayor oferta los ciclos 1 y 2 lo cual es de esperarse y se explica por la menor carga animal. Dado que, a medida que transcurre el experimento, los animales van ganando peso y por ende aumenta la carga haciendo que, si el forraje no aumenta al mismo ritmo, la oferta disminuye.

Por último, el que presenta menor oferta de forraje es el ciclo de pastoreo 4 el cual presenta las mayores cargas y un disponible similar al del ciclo de pastoreo 1.

4.8. GANANCIA MEDIA DIARIA

A continuación, se presentan los datos obtenidos para las ganancias medias diarias calculadas como kg de peso vivo ganados por día de pastoreo.

Cuadro No. 17. GMD (Kg/día/animal) por tratamiento

Tratamiento	GMD
3	0,77 A
4	0,66 A

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

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos para GMD ya que ambos tratamientos consisten en la misma mezcla forrajera con el mismo manejo.

Se podrían haber esperado mayores ganancias medias diarias de hasta 1,2 kg/animal/dia como las expresadas por Bianchi et al. (2012) las cuales se consiguieron pastoreando una mezcla de dactylis con alfalfa y una asignación de forraje del 4,9% del PV. Las menores GMD se pueden explicar ya que los animales utilizados en este experimento tenían un peso inicial de 165 kg promedio mientras que los utilizados por Bianchi et al. (2012) 350 kg.

Cuadro No. 18. GMD (Kg/día/animal) por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	GMD
1	0,93 A
2	0,90 A
4	0,55 B
3	0,48 B

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

Si bien no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, sí existieron para los distintos ciclos de pastoreo.

Los ciclos que presentan mayores ganancias diarias son el ciclo de pastoreo 1 y 2 y luego los ciclos 4 y 3.

La diferencia significativa que existe entre estos dos grupos de ciclos puede ser explicada por la calidad del forraje y por el estrés calórico que sufren los animales en el verano cuando aumenta el ITH (Saravia y Cruz, 2003).

Los ciclos de pastoreo 1 y 2 fueron realizados en la primavera, donde se dieron condiciones de temperatura y humedad óptimas para el crecimiento del forraje, por lo que este experimentó TC elevadas, llevando a que los animales consumieran forraje de buena calidad, con pocos días de descanso (20 días) y ofertas de forraje óptimas para lograr buenas ganancias medias diarias de hasta 0.93 kg/día.

El aumento del estrés calórico hace que el animal deprima su consumo y aumenten los requerimientos del animal por mayor actividad de jadea para disminuir la temperatura corporal haciendo que disminuyan las GMD. Hay que recordar que en el experimento no se brindó sombra al ganado, haciendo que este, esté casi siempre por encima del ITH crítico (Saravia y Cruz, 2003), lo lleva a que la disminución en las ganancias medias diarias sea mayor.

Si bien como se vio anteriormente, el ciclo de pastoreo 3 es el que tiene mayor cantidad de forraje disponible y se ve la mayor desaparición de forraje, no es el que tuvo mayor consumo por lo explicado anteriormente luego del cuadro no. 10.

Además, en el ciclo de pastoreo 3 los animales pastorearon forraje de menor calidad nutricional con mayor acumulación de restos secos ya que tenía 80 días de descanso y se presentaba ya florecido lo que hace que en proporción aumente más la pared celular y la celulosa que el contenido celular. Al verse disminuida la calidad del forraje consumido, también disminuyeron las ganancias en mayor medida de que si hubiera sido un material más joven con menor acumulación de celulosa.

Esto se condice con lo expresado por Blazer et al., citados por Montossi et al. (1996) donde se plantea que la performance animal será un efecto directo de la cantidad y calidad de forraje consumido, pero modificado por la habilidad del propio animal en digerir y transformar esa materia seca en nutrientes asimilables

Hay que resaltar nuevamente que los animales eran animales de 170kg jóvenes, los cuales tienen mayores requerimientos de proteína que los animales de edad más avanzada.

Por último, el ciclo de pastoreo 4 presenta menores ganancias medias que los ciclos 1 y 2 pero mayores que el ciclo 3 debido a una menor oferta de forraje (4 % del PV) que el resto de los ciclos, pero de mayor calidad que el forraje presente durante el

ciclo de pastoreo 3. Estas ofertas de forraje van de la mano con las tasas de crecimiento del trébol rojo expresadas por Díaz Lago et al. (1996).

4.9. GANANCIA kg/Ha

A continuación, se presentan los datos obtenidos para ganancias medias por ha expresados como kg/ha.

Cuadro No. 19. Ganancia de carne/ha por tratamiento

Tratamiento	Ganancia de peso	Superficie de la parcela ha	Días dentro del experimento	Días fuera del experimento	Ganancia Kg/ha
3	229,5	0,042	47	119	516
4	211	0,042	47	119	474

Si bien existen mínimas diferencias entre tratamientos, parecerían no ser significativas y se deberían a la variación normal de los animales.

Si bien las ganancias por ha parecerían ser altas, hay que contemplar que son ganancias experimentales y que no están lejos de las obtenidas en las mismas condiciones para animales de la raza holando pastoreando en el mismo periodo, Capandeguy y Larriera (2013) obtuvieron ganancias de carne por hectárea de 498 kg.

4.10. RENDIMIENTO DE SOJA

A continuación, se presentan los datos sobre rendimiento en grano de soja obtenidos en el experimento.

Cuadro No. 20. Rendimiento de soja (Kg/ha) por tratamiento

Tratamiento	Rendimiento
2	6968 A
1	6670 A

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

No se observan diferencias significativas para rendimiento en grano de soja para los distintos tratamientos. Esto se debió a que, si bien se quería probar el efecto dos raigrases de distinto ciclo sobre la producción en grano de soja, ambos raigrases fueron quemados en la misma fecha, obteniendo cada tratamiento los mismos días de barbecho para acumular agua y nutrientes. Estos resultados, van de la mano de los datos presentados en la revisión bibliográfica, los cuales dicen que con un mínimo de 45 días de barbecho la producción de soja no se va a ver afectada (Ernst et al., 2004).

Además, según los datos obtenidos en el trabajo de tesis de Duré et al. (2020) no se obtuvieron diferencias significativas para la producción de forraje para los distintos cultivares.

Por lo tanto, no hubo mayor aporte de biomasa por parte del raigrás Montoro de mayor largo de ciclo por que se quemaron al mismo tiempo y además dentro de su ciclo, ambos cultivares brindaron la misma cantidad de biomasa. Es por esto por lo que, es de esperarse que las condiciones físicas y químicas del suelo sean las mismas para los distintos tratamientos y es coherente que la soja no haya expresado diferencias significativas en rendimiento de grano expresado como kg de grano por ha.

Como ultima consideración, los rendimientos promedios obtenidos en el experimento son mayores a la media nacional, esto puede ser explicado por el método de cosecha utilizado ya que se eligen filas y se cosecha 1 metro lineal de la fila elegida y luego los rendimientos se llevan a ha. Lo que pasa en estas situaciones es que al ser las parcelas tan chicas, son muy homogéneas, no hay zonas de bajo rendimiento dentro de las parcelas haciendo que se eleve el promedio.

5. CONCLUSIONES

El manejo de barbecho realizado no permitió expresar un efecto residual diferencial del distinto largo de ciclo de dos cultivares de raigrás en el rendimiento en grano de soja.

Al no existir diferencias significativas en el rendimiento de los cultivares de raigrás (Duré et al., 2020) tampoco se manifestaron diferencias significativas en rendimiento de grano de soja para los distintos tratamientos.

Esto, lleva a encontrar en iguales condiciones las propiedades físicas y químicas del suelo, haciendo que las distintas sojas rindan lo mismo.

Como era esperable, no se manifestaron diferencias significativas en producción animal debido a que los tratamientos se manejaron de la misma forma y estaban compuestos por las mismas especies debido a que, los mismos se comienzan a diferenciar en su segunda primavera.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en UdelaR. FA. EEMAC (Estación Experimental "Mario A. Cassinoni"); el experimento se realizó, dentro del área de evaluación de pasturas bajo riego, el período durante el que se llevó a cabo fue, desde el 21 de noviembre de 2019 hasta el 15 de mayo de 2020. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. El método de pastoreo fue rotativo, con criterio de entrada a la parcela con 20 cm el criterio de salida de la parcela fue entre los 5 y 7 cm de altura de la pastura. Se manejó una Asignación de forraje del 6% del peso vivo. El objetivo general del experimento fue evaluar el efecto residual de dos raigrases de distinto largo de ciclo en el rendimiento en grano por ha de la soja siguiente. Los objetivos específicos fueron evaluar la producción de forraje estivo otoñal y composición botánica de una mezcla de raigrás y trébol rojo y su consiguiente producción de carne expresada GMD y producción de carne/ha. Dos de los tratamientos fueron la misma mezcla de raigrás y trébol rojo, estas mezclas estaban compuestas de trébol rojo LE 116 y los cultivares de raigrás Montoro y Ration en la misma proporción. Los tratamientos diferían en que una de las mezclas permanece como pradera bienal mientras que la otra mezcla va a soja al final del segundo año. Los restantes tratamientos fueron soja sembrada con el cultivar don Mario de ciclo medio, los tratamientos diferían en su antecesor, el cual uno era raigrás cultivar Montoro y el otro cultivar Ration. A partir de estas variables se evaluó la respuesta de los distintos tratamientos durante el período experimental. Los tratamientos no expresaron diferencias significativas para el rendimiento en soja. Para el caso de las variables de la mezcla forrajera, no hubo diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de estas aunque si existieron entre los distintos ciclos de pastoreo.

Palabras clave: Asignación de forraje; Ganancia media diaria; Forraje remanente.

7. SUMMARY

The present work was carried out at the UdelaR. FA. EEMAC (Estación Experimental "Mario A. Cassinoni" the experiment was carried out, within the area of evaluation of pastures under irrigation, the period during which it was carried out was, from November 21st. 2019 to May 15th. 2020. The experimental design was of complete random blocks, with four treatments and three repetitions. The grazing method was rotary, with a criterion of entry to the plot with 20 cm, the criterion of leaving the plot was between 5 and 7 cm in height of the pasture. A forage allocation of 6% of live weight was managed. The general objective of the experiment was to evaluate the residual effect of two roots of different cycle lengths on the grain yield per ha of the following soybean. The specific objectives were to evaluate the production of autumn summer forage and botanical composition of a mixture of ryegrass and red clover and its consequent meat production expressed GMD and meat production / ha. Two of the treatments were the same mixture of ryegrass and red clover, these mixtures were composed of red clover LE 116 and the ryegrass cultivars Montoro and Ration in the same proportion. The treatments differed in that one of the mixes remains biennial pasture while the other mix goes to soybeans at the end of the second year. The remaining treatments were soybeans planted with the medium cycle cultivar Don Mario, the treatments differed from its predecessor, which one was ryegrass Montoro cultivar and the other cultivar Ration. From these variables the response of the different treatments was evaluated during the experimental period. The treatments did not express significant differences for soybean yield. In the case of the forage mix variables, there were no significant differences between treatments for any of these, although they did exist between the different grazing cycles.

Keywords: Forage allocation; Average daily profit; Remaining forage.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abud, M.; Gaudenti, C.; Orticochea, V.; Puig, V. 2011. Evaluación estivo-otoñal de mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 95 p.

2. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efectos de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.

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. Montevideo, MAP. DSF. t. 1, 96 p.

4. Álvarez, C. 2010. Rendimiento de cultivares de soja de grupos de madurez V y VI con riego complementario. Tesis Ing. Agr. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía. 41 p.

5. Artigas, M.; García, I. 2012. Efecto del cultivo de cobertura con y sin pastoreo sobre implantación, crecimiento y rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 65 p.

6. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Do Canto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Catálogo de cultivares 2010: forrajeras. Montevideo, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 38).

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

8. _____.; Bolton, G. R.; Elston, D. A. 1999. The effects of cutting intensity and neighbour species on plants of *Lolium perenne, Poaannua, Poa trivialis* and *Trifolium repens*. Agronomie. 19 (6):445- 456.

9. Bennie, A. T. P. 1996. Growth and mechanical impedance. In: Waisel, Y.; Esthel, A.; Kafkafi, U. eds. Plant roots: the hidden half. 2nd. ed. New York, Mercel Dekker. pp. 453-470.

10. Bianchi, S.; Díaz, A.; Musacco, M. 2012. Evaluación estivo-otoñal de cuatro mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 102 p

11. Bodrero, M. 2003. Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre el rendimiento de la soja. (en línea). In: Jornada Nacional de Soja (2003, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-13 (Actividades de Difusión no. 325). Consultado 4 jun. 2020. Disponible en http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807113957.pdf

12. Botta, G. 2018. Compactación del suelo: cómo prevenir el problema. (en línea). In: Jornada Compactación en Suelos bajo Siembra Directa (2018, Mercedes, Soriano). Presentaciones. Montevideo, INIA. pp. 1-10. Consultado 4 jun. 2020. Disponible en http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanzuela/Actividades%202018/30%20mayo%20-%20jornada%20compactaci%C3%B3n%20en%20suelos/Compactaci%C3%B3n%20del%20suelo%20URUGUAY%202018-BOTTA.pdf

13. Brancato, A.; Panissa, R. J.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.

14. Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Hurley, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. 223 p. (Bulletin no. 42).

15. 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. 67(2):199-210.

16. Campbell, C. A.; Zentner, R. P. 1993. Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. Soil Science Society of America Journal 57(4):1034-1040.

17. Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. 1996. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.

18. Capandeguy, J.; Larriera, M. 2013. Producción estivo-otoñal de dos mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 92 p.

19. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.

20. _____. 2003. ¿Qué tipo de raigrás debería utilizar? Revista del Plan Agropecuario. no. 105:52-55.

21. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.

22. _____. 2007. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 357 p.

23. Cárcova, J.; Abeledo, L. G.; López, M. 2003. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. In: Satorre, E. H.; Benech, R. L.; Slafer, G. A.; de la Fuente, E. B.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E.; Savin, R. eds. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 75-98.

24. Casalás, F.; Zanoniani, R.; Boggiano, P. 2019. Estudio de sistemas de rotación pastura-agricultura. In: Jornada Anual de Pasturas (2019, Paysandú). Memorias. Paysandú, FA. EEMAC. s.p.

25. Castro, M.; Pereyra, S.; Vera, M.; Cardozo, V. 2016. INIA-INASE. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 16-17. Consultado jul. 2020. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2016/PubForrajerasPeriodo2016.pdf

26. Cuitiño, M. J.; Vera, M.; Cardozo, V. 2015. INIA-INASE. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo. p. 66. Consultado jul. 2020. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2015/PubForrajerasPeriodo2015.pdf.

27. Chilibroste, P.; Soca, P.; Da Armas, A. 2005. Impacto del manejo del pastoreo en la invernada pastoril. Cangüé. no. 27:15-17.

28. Dalley, D. E.; Roche, J. R.; Grainger, C.; Moate, P. J. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pasture at different herbage allowances in spring. Australian Journal of Experimental Agriculture. 39 (8):923-931.

29. De Souza, P.; Presno, J. 2013. Productividad invierno-primaveral de praderas mezclas con *Festuca arundinacea y Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos holandos con distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 109 p.

30. Díaz Lago, J. E.; García, J. A.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en la Estanzuela. Montevideo, Uruguay, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).

31. Duré, G.; Fazzio, J.; Pittier, S. 2020. Construcción de producción de raigrás anual en mezclas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 71 p.

32. Echeverría, J.; Rovira, P.; Soares de Lima, J. M. 2014. Pastoreo de raigrás como cultivo de cobertura con corderos o terneros en sistemas ganadero-agrícolas. In: Seminario de Actualización Técnica (2014, Treinta y Tres). Estrategias de intensificación ganadera. Montevideo, INIA. pp. 46-55 (Actividades de Difusión no. 734).

33. Ernst, O.; Marchesi, E.; Marchesi, A. 2004. Manejo de berbecho para cultivos de verano de primera sembrados sin laboreo. Cangüé. no. 26:44-48.

34. _____.; Siri Prieto, G. 2011. Raigrás como cultivo de cobertura: efecto del largo del período de barbecho sobre la disponibilidad de agua, el riesgo de erosión y el rendimiento de la soja. Cangüé. no. 31:18-27.

35. Escuder, C. 1996a. Crecimiento de las pasturas cultivadas: algunos factores que lo afectan. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.

36. _____. 1996b. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.

37. Etchegoimberry, P.; Ernst, O. 2018. Limitantes sitio específico del rendimiento de una secuencia del cultivo. (en línea). In: Jornada Compactación en Suelos bajo Siembra Directa (2018, Mercedes, Soriano). Presentaciones. Montevideo, INIA. pp. 4-5. Consultado 4 jun. 2020. Disponible en http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanzuela/Actividades%202018/30%20mayo%20-%20jornada%20compactaci%C3%B3n%20en%20suelos/rendimiento_secuencia_cultivos_FAGRO.pdf

38. Ferri, C.; Sáenz, A.; Jouve, V. 2015. Glosario. Términos de uso frecuente en producción y utilización de pasturas. (en línea). SEMIÁRIDA. Revista de la UNLPam. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 25(1):41-61. Consultado 8 mar. 2021. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/glosarios/02-pasturas.pdf

39. Figueira, M.; Gómez, M. 2018. Evaluación de dos mezclas forrajeras durante la primavera de su primer año pastoreadas con novillos Holando con distintas cargas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 54 p.

40. Forbes, T. D. A. 1988. Researching the plant–animal interface: the investigate of ingestive behaviour in grazing animals. Journal of Animal Science. 66 (9):2269-2279.

41. Formoso, F. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).

42. Franzluebbers, A. J.; Stuedemann, J. A. 2008. Soil physical responses to cattle grazing cover crops under conventional and no tillage in the Southern Piedmont USA. Soil and Tillage Research. 100:141-153.

43. Galli, J. R.; Di Leo, N.; Bonel, B.; Larripa, M.; Montico, S. 2013. Modificaciones en la condición edáfica por el pastoreo de cultivos de cobertura. In: Congreso Argentino de Producción Animal (36º., 2013, Corrientes). Ciencia y tecnología: pilares de desarrollo ganadero sustentable. Revista Argentina de Producción Animal. 33 (1):87.

44. García, J. A.; Labandera, C.; Pastorini, D.; Curbelo, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 51).

45. Grant, S. A.; Barthram, G. I.; Torvell, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium multiflorum* swards. Grass and Forage Science. 36:155-168.

46. Grenwood, K. L.; Mckenzie, B. M. 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture. 41:1231-1250.

47. Hamza, M. A.; Anderson, W. K. 2005. Soil compaction in cropping systems a review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage Research. 82:139-140.

48. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). s.f. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras: raigrás Estanzuela 284. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 8 mar. 2021. Disponible https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=76

49. _____. s.f. Estanzuela 116. (en línea). Montevideo. pp. 14-15. Consultado abr. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/productos/cvforrajeras/raigras.pdf.

50. _____. 2018. Introducción. (en línea). In: Jornada Compactación en Suelos bajo Siembra Directa (2018, Mercedes, Soriano). Presentaciones. Montevideo, INIA. s.p. Consultado 4 jun. 2020. Disponible en http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-la-estanzuela/Jornada-compactacion-en-suelos-bajo-siembra-directa

51. Jamieson, W. S.; Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. Grass and Forage Science. 34 (4):261-271.

52. Kantolic, A. G. 2003a. Bases funcionales de la determinación del rendimiento y manejo del cultivo de soja. In: Satorre, E. H. ed. El libro de la soja. Buenos Aires, Argentina, SEMA/CREA/AAPRESID. pp. 29-38.

53. _____.; Giménez, P. I.; De La Fuente, E. B. 2003b. Ciclo ontogénico, dinámica, del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. In: Satorre, E. H.; Benech, R. L.; Slafer, G. A.; de la Fuente, E. B.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E.; Savin, R. eds. Producción de granos: bases

funcionales para su manejo. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. pp. 165-201.

54. _____. 2008. Control ambiental y genético de la fenología del cultivo de soja: impactos sobre el rendimiento y la adaptación de genotipos. Revista de la UBA. Facultad de Agronomía. 28(1):63-88.

55. Langer, R. H. M. 1981. Crecimiento de gramíneas y tréboles. In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-70.

56. Lemaire, G.; Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant comunnitties. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. The ecology and management of grazing systems. Wallingford, CAB. pp. 3-35.

57. López, G.; Pastorini, J.; Vázquez, F. 2012. Efectos de la fecha de siembra y mezcla forrajera sobre la producción invierno-primaveral para praderas de primer año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.

58. Mc Clymont, G. L. 1974. Biología básica de la producción animal por medio de pasturas. In: James, B. J. F. ed. Utilización intensiva de pasturas. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp. 15-18.

59. MAGP. SENASA. SINAVIMO (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Servicio de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, AR). 2019a. *Glycine max*. (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado 2 mar. 2021. Disponible en https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/glycine-

60. _____. _____. _____. 2019b. *Trifolium pratense*. (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado 2 mar. 2021. Disponible en https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/trifolium-repens

61. Miralles, D. J.; Windauer, L. B.; Gómez, N. V. 2003. Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de grano. In: Satorre, E. H.; Benech, R. L.; Slafer, G. A.; de la Fuente, E. B.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E.; Savin, R. eds. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Facultad de Agronomía. pp. 59-70.

62. Molinelli, P. L.; Odella, F. A.; Verrastro, M. 2014. Efecto de la mezcla forrajera y fecha de siembra en la producción de forraje, composición botánica y respuesta animal durante su segundo verano y tercer otoño de vida. Tesis

Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 105 p.

63. Montossi, F.; Risso, D. F.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).

64. Murphy, W.; Mena Barreto, A.; Silman, J. P.; Dindal, D. 1995. Cattle and sheep grazing effects on soil organisms, fertility, and compaction in a smooth-stalked meadowgrass-dominate white clover sward. Grass and Forage Science. 50(3):191-194.

65. Mursan, A.; Hughes, T. P.; Nicol, A. M.; Sugiura, T. 1989. The influence of sward height on the mechanics of grazing in steers and bulls. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 49:233-236.

66. Nabinger, C. 1996. Eficiencia do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: Simposio sobre Manejo da Pastagem (14º., 1997, Piracicaba). Fundamentos do pastejo rotacionado. Piracicaba, Brasil, ESALQ. pp. 213-251.

67. Parsons, A. J.; Penning, P. D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. Grass and Forage Science. 43(1):15-27.

68. _____.; Harvey, A.; Woldge, J. 1991. Plant-animal interactions in a continuously grazed mixture. 1. Differences in the physiology of leaf expansion and the fate of leaves of grass and clover. Journal of Applied Ecology. 28:619-634.

69. Pioneer, AR. s.f. Compactación del suelo. (en línea). Boletín Técnico Pioneer. 4 p. Consultado 4 jun. 2020. Disponible en https://www.yumpu.com/es/document/read/14899578/boletin-tecnico-pioneer

70. Pravia, V.; Terra, J.; Roel, A.; Correa, J. 2008. Impacto de la intensidad de uso del suelo sobre la productividad del cultivo de sorgo en lomadas del Este. In: Jornada de Cultivos y Forrajeras de Verano (2008, Treinta y Tres). Resultados experimentales 2007-2008. Montevideo, INIA. pp. 7-22 (Actividades de Difusión no. 538).

71. Procampo, UY. 2018. Ration: especialistas en semillas. (en línea). Ration hoja técnica. 1 p. Consultado 8 mar. 2021. Disponible en https://www.procampouruguay.com/wp-content/uploads/2019/01/Ratio-hoja-te%CC%81cnica-2018.pdf

72. Rovira, J. 2002. Manejo nutritivo de los rodeos de cría. Montevideo, Hemisferio Sur. 336 p.

73. Rovira, P.; Echeverría, J.; Soares de Lima, J. M. 2014. Pastoreo de raigrás como cultivo de cobertura con corderos o terneros en sistemas ganaderos agrícolas. In: Seminario de Actualización Técnica sobre Estrategias de Intensificación Ganadera (2014, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 46-55 (Actividades de Difusión no. 734).

74. Ruffo, M.; Parsons, A. 2003. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. INPOFOS .Informes Agronómicos. 21:13-20.

75. Sadeghian, S.; Rivera, J. M; Gómez, M. E. 2000. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. (en línea). Roma, FAO. s.p. Consultado 8 mar. 2021. Disponible en http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Siavosh6.htm

76. Sadras, V. O.; Ferreiro, M.; Gutheim, F.; Kantolic, A. G. 2002. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. In: Andrade, F. H.; Sadras, V. O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA Balcarce/UNMP. Facultad de Ciencias Agrarias. pp. 29-60.

77. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 14(1):44-54. Consultado 8 mar. 2021. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v14n1/v14n1a07.pdf

78. _____. 2011. Mezclas forrajeras. (en línea). In: Curso Pasturas EEFAS (2011, Salto). Presentaciones. Salto, Facultad de Agronomía. EEFAS. s.p. Consultado 8 mar. 2021. Disponible en http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/11%20-%20Mezclas%20forrajeras.pdf

79. Saravia, C.; Cruz, G. 2003. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Facultad de Agronomía (Montevideo). Nota técnica no. 50. 36 p.

80. Sellés, G.; Fereyra, R. 2013. Manual de riego para especies frutales: uso eficiente del agua de riego y estrategias para enfrentar periodos de escasez. (en línea). Santiago de Chile, INIA. 301 p. (Boletín INIA no. 278). Consultado 4 jun. 2020. Disponible en http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39147.pdf

81. Smethan, M. L. 1981. Especies y variedades de leguminosas forrajeras. In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 97-148.

82. Syngenta, AR. s.f. Determinantes del rendimiento soja. (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado 17 abr. 2020. Disponible en https://www.syngenta.com.ar/determinantes-del-rendimiento

83. Terra, J.; Scaglia, G.; García Préchac, F. 2000. Moha: características del cultivo y comportamiento en rotaciones forrajeras con siembra directa. Montevideo, INIA. 62 p. (Serie Técnica no. 111).

84. The Stock Farmer, AR. 2000. Rotación de pastoreo. (en línea). Buenos Aires, Argentina. s.p. Consultado 3 nov. 2012. Disponible en http://www.imperiorural.com.ar/imperio/estructura/miriam%20archivos/Bvinos/rotaciondepastoreo.htm

85. USDA (United States Department of Agriculture, US). 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. (en línea). Colorado 88 p. Consultado 15 may. 2020 Disponible en https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf

86. Venanzi, S.; De Sa Pereira, E.; Krüger, H. 2002. La siembra directa y ganadería. Efectos del pastoreo sobre la compactación a corto plazo. (en línea). Bordenave, INTA. 4 p. Consultado may. 2020. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/suelos_ganaderos/57-santi5.pdf

87. Zanoniani, R.; Noëll, S. 2003. Verdeos de invierno. (en línea). UEDY. Cartilla no. 2. 5 p. Consultado may. 2020 Disponible en 05-verdeos_de_invierno.pdf (produccion-animal.com.ar).

88. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Silveira, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional de Cono Sur, Grupo Campos (21ª., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Balance hídrico

Mes	Decena	P	ETP	P-ETP	alm. posta	Var.alm.	ETR	Def.	Exc.	Temperaturas
	1 decena	61,40	20,90	40,50	0,00		20,90	0,00		
Ago.19	2 decena	0,80	23,13	-22,33	0,00	0,00	0,80	22,33	0,00	
	3 decena	42,20	26,07	16,13	16,13	16,13	26,07	0,00	0,00	
	1 decena	53,20	30,15	23,05	39,18	23,05	30,15	0,00	0,00	
Sep.19	2 decena	100,40	25,50	74,90	86,00	46,82	25,50	0,00	28,08	
	3 decena	1,20	4,88	-3,68	82,40	-3,60	4,80	0,08	0,00	
	1 decena	53,20	30,15	23,05	86,00	3,60	30,15	0,00	19,45	20,6
Oct.19	2 decena	100,40	25,50	74,90	86,00	0,00	25,50	0,00	74,90	20,5
	3 decena	52,20	38,81	13,39	86,00	0,00	38,81	0,00	13,39	22,4
	1 decena	47,80	37,66	10,14	86,00	0,00	37,66	0,00	10,14	25,3
Nov.19	2 decena	0,20	49,42	-49,22	48,52	-37,48	37,68	11,74	0,00	28,65
	3 decena	50,60	48,10	2,50	51,02	2,50	48,10	0,00	0,00	26,86
	1 decena	2,40	52,40	-50,00	28,53	-22,49	24,89	27,51	0,00	26,5
Dic.19	2 decena	128,80	50,55	78,25	86,00	57,47	50,55	0,00	20,78	28,8
	3 decena	59,00	52,23	6,77	86,00	0,00	52,23	0,00	6,77	28

	1 decena	41,80	47,17	-5,37	80,79	-5,21	47,01	0,16	0,00	28,59
Ene. 20	2 decena	80,40	46,74	33,66	86,00	5,21	46,74	0,00	28,45	29,64
	3 decena	8,80	58,15	-49,35	48,45	-37,55	46,35	11,80	0,00	28,62
	1 decena	8,80	50,99	-42,19	29,66	-18,79	27,59	23,40	0,00	29,5
Feb. 20	2 decena	52,00	45,82	6,18	35,84	6,18	45,82	0,00	0,00	27,55
	3 decena	0,00	42,83	-42,83	21,78	-14,06	14,06	28,77	0,00	25,28
	1 decena	0,00	49,60	-49,60	12,24	-9,55	9,55	40,05	0,00	28,46
Mar. 20	2 decena	52,20	34,19	18,01	30,25	18,01	34,19	0,00	0,00	26,76
	3 decena	0,00	39,95	-39,95	19,01	-11,24	11,24	28,71	0,00	27,82
	1 decena	15,40	35,92	-20,52	14,97	-4,03	19,43	16,49	0,00	22,11
Abr.20	2 decena	2,60	32,21	-29,61	10,61	-4,36	6,96	25,25	0,00	19,98
	3 decena	133,80	23,35	110,45	86,00	75,39	23,35	0,00	35,06	22,90
	1 decena	0,20	35,90	-35,70	56,78	-29,22	29,42	6,48	0,00	17,05
May.20	2 decena	0,60	32,20	-31,60	39,32	-17,46	18,06	14,14	0,00	18,64
	3 decena	38,80	23,35	15,45	54,77	15,45	23,35	0,00	0,00	16,16

Anexo 2. Cantidad de forraje disponible (Kg de MS/ha)

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57286648,42	9	6365183,16	114,24	<0,0001
BLOQUE	1579178,58	2	789589,29	14,17	0,0004
Trat.	3456,00	1	3456,00	0,06	0,8069
Ciclo pastoreo	55520204,50	3	18506734,83	332,14	<0,0001
Trat.*ciclo pastoreo	183809,33	3	61269,78	1,10	0,3820

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=169,73142

Error: 55719,1012 gl: 14

Trat	Medias	n	E.E.	
3	3412,92	12	68,14	A

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=343,32771

Error: 55719,1012 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.		
3	5975,67	6	96,37	A	
1	3068,00	6	96,37		B
4	2292,00	6	96,37		C

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=602,93140

Error: 55719,1012 gl: 14

Trat.	ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.			
3	3	6098,67	3	136,28	A		
4	3	5852,67	3	136,28	A		
3	1	3084,67	3	136,28		B	
4	1	3051,33	3	136,28		B	
4	4	2414,00	3	136,28			C
3	2	2298,33	3	136,28			C
4	2	2237,67	3	136,28			C

Anexo 3. Cantidad de forraje remanente (Kg MS/ha)

Variable N R^2 R^2 Aj CV

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1733500,38	9	192611,15	5,70	0,0020
BLOQUE	304675,75	2	152337,88	4,51	0,0308
Trat.	35960,04	1	35960,04	1,06	0,3196
Ciclo pastoreo	1299170,46	3	433056,82	12,82	0,0003
Trat.*ciclo pastoreo	93694,12	3	31231,37	0,92	0,4544
Error	472792,25	14	33770,88		

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=132,13910

Error: 33770,8750 gl: 14

Trat.	Medias	n	E.E.	
4	962,58	12	53,05	A
3	885,17	12	53,05	A

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=267,28708

Error: 33770,8750 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.	
1	1224,83	6	75,02	A
3	1073,00	6	75,02	A
2	733,67	6	75,02	B
4	664,00	6	75,02	B

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=469,39343

Error: 33770,8750 gl: 14

Trat.	ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.			
3	1	1257,00	3	106,10	A		
4	3	1205,33	3	106,10	A		
4	1	1192,67	3	106,10	A	B	
3	3	940,67	3	106,10	A	B	C
3	2	734,33	3	106,10		B	C
4	2	733,00	3	106,10		B	C
4	4	719,33	3	106,10			C
3	4	608,67	3	106,10			C

Anexo 4. Producción acumulada de forraje, producción por ciclo de pastoreo y TC

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
producción acumulada	6	0,68	0,21	5,42

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1397189,12	3	465729,71	1,44	0,4356
Bloque	1390004,81	2	695002,41	2,14	0,3182
tratamiento	7184,31	1	7184,31	0,02	0,8953
Error	648624,75	2	324312,38		
Total	2045813,87	5			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1357,31310

Error: 324312,3754 gl: 2

Trat.	Medias	n	E.E.	
3	10539,28	3	328,79	A
4	10470,07	3	328,79	A

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

Producción de forraje

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Forraje producido	24	0,99	0,98	10,39

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	70753407,29	9	7861489,70	105,66	<0,0001
BLOQUE	347216,33	2	173608,17	2,33	0,1335
Trat.	1751,04	1	1751,04	0,02	0,8803
Ciclo pastoreo	70247010,79	3	23415670,26	314,71	<0,0001
Trat.*ciclo pastoreo	157429,12	3	52476,37	0,71	0,5646
Error	1041659,67	14	74404,26		
Total	71795066,96	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=396,73975

Error: 74404,2619 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.	
3	5441,00	6	111,36	A
1	2558,83	6	111,36	B
4	1298,33	6	111,36	C
2	1206,00	6	111,36	C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=696,73039

Error: 74404,2619 gl: 14

Trat.	ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.	
3	3	5567,67	3	157,48	A
4	3	5314,33	3	157,48	A
4	1	2660,67	3	157,48	B
3	1	2457,00	3	157,48	B
3	4	1309,00	3	157,48	C
4	4	1287,67	3	157,48	C
4	2	1207,33	3	157,48	C
3	2	1204,67	3	157,48	C

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

Tasa de crecimiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
TC	24	0,94	0,91	13,98

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17501,88	9	1944,65	25,90	<0,0001
BLOQUE	351,58	2	175,79	2,34	0,1327
Trat.	26,04	1	26,04	0,35	0,5653
Ciclo pastoreo	16905,13	3	5635,04	75,06	<0,0001

Trat.* ciclo pastoreo 219,12 3 73,04 0,97 0,4332

Error 1051,08 14 75,08

Total 18552,96 23

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=6,23038

Error: 75,0774 gl: 14

Trat. Medias n E.E.

4 63,00 12 2,50 A

3 60,92 12 2,50 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=12,60264

Error: 75,0774 gl: 14

Ciclo pastoreo Medias n E.E.

1 100,50 6 3,54 A

3 66,33 6 3,54 B

2 54,50 6 3,54 B

4 26,50 6 3,54 C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=22,13199

Error: 75,0774 gl: 14

Trat. ciclo pastoreo Medias n E.E.

4 1 106,67 3 5,00 A

3 1 94,33 3 5,00 A

3 3 68,00 3 5,00 B

4 3 64,67 3 5,00 B

3 2 54,67 3 5,00 B

4 2 54,33 3 5,00 B

3 4 26,67 3 5,00 C

4 4 26,33 3 5,00 C

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

Anexo 5. Forraje desaparecido

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Desaparecido	24	0,98	0,97	9,83

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48292861,54	9	5365873,50	90,49	<0,0001
BLOQUE	498152,58	2	249076,29	4,20	0,0372
Trat.	61712,04	1	61712,04	1,04	0,3249
Ciclo pastoreo	47370149,46	3	15790049,82	266,30	<0,0001
Trat.*ciclo pastoreo	362847,46	3	120949,15	2,04	0,1546
Error	830127,42	14	59294,82		
Total	49122988,96	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=175,09291

Error: 59294,8155 gl: 14

Trat.	Medias	n	E.E.	
3	2527,75	12	70,29	A
4	2426,33	12	70,29	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=354,17277

Error: 59294,8155 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.		
3	4902,67	6	99,41	A	
1	1843,17	6	99,41		B
4	1628,00	6	99,41		B
2	1534,33	6	99,41		B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=621,97684

Error: 59294,8155 gl: 14

Trat.	ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.	
3	3	5158,00	3	140,59	A
4	3	4647,33	3	140,59	A
4	1	1858,67	3	140,59	B
3	1	1827,67	3	140,59	B
4	4	1694,67	3	140,59	B
3	2	1564,00	3	140,59	B
3	4	1561,33	3	140,59	B
4	2	1504,67	3	140,59	B

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

Anexo 6. Composición botánica del forraje

Análisis de la varianza

% de gramínea

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% de Gramínea	24	0,96	0,94	15,89

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19295,44	9	2143,94	37,98	<0,0001
BLOQUE	334,19	2	167,09	2,96	0,0847
Trat.	25,32	1	25,32	0,45	0,5140
Ciclo pastoreo	18844,27	3	6281,42	111,27	<0,0001
Trat.* ciclo pastoreo	91,66	3	30,55	0,54	0,6619
Error	790,36	14	56,45		
Total	20085,79	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=5,40266

Error: 56,4540 gl: 14

Trat.	Medias	n	E.E.	
4	48,32	12	2,17	A
3	46,27	12	2,17	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=10,92834

Error: 56,4540 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.		
1	81,83	6	3,07	A	
2	67,93	6	3,07		B
3	20,00	6	3,07		C
4	19,42	6	3,07		C

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

% Leguminosa

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Leguminosa	24	0,87	0,78	24,47

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9845,73	9	1093,97	9,97	0,0001
BLOQUE	213,96	2	106,98	0,98	0,4014
Trat.	30,71	1	30,71	0,28	0,6050
Ciclo pastoreo	9472,59	3	3157,53	28,78	<0,0001
Trat.*ciclo pastoreo	128,47	3	42,82	0,39	0,7618
Error	1536,02	14	109,72		
Total	11381,75	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=7,53172

Error: 109,7156 gl: 14

Trat.	Medias	n	E.E.	
3	43,94	12	3,02	A
4	41,68	12	3,02	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=15,23495

Error: 109,7156 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.		
4	64,58	6	4,28	A	
3	59,08	6	4,28	A	
2	31,41	6	4,28		B
1	16,17	6	4,28		C

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

% Maleza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Maleza	24	0,83	0,72	54,43

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1927,50	9	214,17	7,53	0,0005
BLOQUE	32,21	2	16,11	0,57	0,5801
Trat.	0,14	1	0,14	0,01	0,9446
Ciclo pastoreo	1881,52	3	627,17	22,05	<0,0001
Trat.*ciclo pastoreo	13,64	3	4,55	0,16	0,9216
Error	398,19	14	28,44		
Total	2325,69	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=3,83478

Error: 28,4420 gl: 14

Trat.	Medias	n	E.E.	
4	9,88	12	1,54	A
3	9,72	12	1,54	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=7,75688

Error: 28,4420 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.		
3	20,92	6	2,18	A	
4	16,00	6	2,18	A	
1	2,00	6	2,18		B
2	0,28	6	2,18		B

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

% suelo descubierto

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% suelo descubierto	24	0,45	0,10	31,10

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1036,70	9	115,19	1,29	0,3219
BLOQUE	375,14	2	187,57	2,10	0,1589

Trat. 11,41 1 11,41 0,13 0,7258

Ciclo pastoreo 639,80 3 213,27 2,39 0,1122

Trat.*ciclo pastoreo 10,35 3 3,45 0,04 0,9894

Error 1248,06 14 89,15

Total 2284,76 23

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=6,78913

Error: 89,1473 gl: 14

Trat. Medias n E.E.

4 31,05 12 2,73 A

3 29,67 12 2,73 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=13,73286

Error: 89,1473 gl: 14

Ciclo pastoreo Medias n E.E.

4 35,67 6 3,85 A

3 34,87 6 3,85 A

1 27,67 6 3,85 A

2 23,23 6 3,85 A

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

Anexo 7. Oferta de forraje

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Oferta de forraje	24	0,97	0,96	9,75

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	239,88	9	26,65	55,28	<0,0001
BLOQUE	9,25	2	4,63	9,59	0,0024
Trat.	1,04	1	1,04	2,16	0,1637
Ciclo pastoreo	229,13	3	76,38	158,41	<0,0001
Trat.*ciclo pastoreo	0,46	3	0,15	0,32	0,8130
Error	6,75	14	0,48		
Total	246,63	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,49928

Error: 0,4821 gl: 14

Trat.	Medias	n	E.E.	
4	7,33	12	0,20	A
3	6,92	12	0,20	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,00994

Error: 0,4821 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.		
3	12,33	6	0,28	A	
1	6,33	6	0,28		B
2	5,50	6	0,28		B
4	4,33	6	0,28		C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,77359

Error: 0,4821 gl: 14

Trat.	ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.			
4	3	12,67	3	0,40	A		
3	3	12,00	3	0,40	A		
4	1	6,33	3	0,40		B	
3	1	6,33	3	0,40		B	
4	2	5,67	3	0,40		B	C
3	2	5,33	3	0,40		B	C
4	4	4,67	3	0,40		B	C
3	4	4,00	3	0,40			C

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

Anexo 8. GMD

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
% Oferta de forraje	24	0,97	0,96	9,75

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	239,88	9	26,65	55,28	<0,0001
BLOQUE	9,25	2	4,63	9,59	0,0024
Trat.	1,04	1	1,04	2,16	0,1637
Ciclo pastoreo	229,13	3	76,38	158,41	<0,0001
Trat.*ciclo pastoreo	0,46	3	0,15	0,32	0,8130
Error	6,75	14	0,48		
Total	246,63	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,49928

Error: 0,4821 gl: 14

Trat.	Medias	n	E.E.	
4	7,33	12	0,20	A
3	6,92	12	0,20	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,00994

Error: 0,4821 gl: 14

Ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.		
3	12,33	6	0,28	A	
1	6,33	6	0,28		B
2	5,50	6	0,28		B
4	4,33	6	0,28		C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,77359

Error: 0,4821 gl: 14

Trat.	ciclo pastoreo	Medias	n	E.E.			
4	3	12,67	3	0,40	A		
3	3	12,00	3	0,40	A		
4	1	6,33	3	0,40		B	
3	1	6,33	3	0,40		B	
4	2	5,67	3	0,40		B	C
3	2	5,33	3	0,40		B	C
4	4	4,67	3	0,40		B	C
3	4	4,00	3	0,40			C

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

Anexo 9. Producción de soja

Análisis de la varianza

Variable N R^2 R^2 Aj CV

Kg MS/ha 6 0,24 0,00 16,93

Cuadro de nálisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	863215,33	3	287738,44	0,22	0,8790
Bloque	730009,33	2	365004,67	0,27	0,7850
Trat.	133206,00	1	133206,00	0,10	0,7818
Error	2665204,00	2	1332602,00		
Total	3528419,33	5			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2751,36691

Error: 1332602,0000 gl: 2

Trat.	Medias	n	E.E.	
2	6968,33	3	666,48	A
1	6670,33	3	666,48	A

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