

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN SECUNDARIA EN LA FASE PASTURA DE
DISTINTAS VARIANTES EN EL USO DEL SUELO BAJO PASTOREO EN EL
PERIODO INVERNAL

por

Carlos CABRERA LECCHINI
Maximiliano HIRIART LUST
Guillermo RONCA PITA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2021

Tesis aprobada por:

Director
Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani

.....
Ing. Agr. MSc. Felipe Casalás

.....
Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Fecha: 23 de diciembre de 2021

Autores:
Carlos Cabrera Lecchini

.....
Maximiliano Hiriart Lust

.....
Guillermo Ronca Pita

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos, por acompañarnos y brindarnos su apoyo siempre, por su constante motivación y sostén durante toda la carrera.

A nuestros tutores Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani, Ing. Agr. MSc. Felipe Casalás, por el apoyo, por habernos guiado en cada etapa del trabajo y por la dedicación brindada durante todo el transcurso de realización de la tesis.

Al personal de EEMAC, en particular a los funcionarios encargados de la producción animal, al equipo de personas que trabaja en el laboratorio número uno y al personal de biblioteca.

A nuestros amigos Matías Federico y Felipe Tellería, con quienes compartimos la etapa de campo de esta investigación, por brindarnos constantemente una gran ayuda.

A Sully Toledo, por su dedicación y guía en los aspectos formales de la presentación de la tesis.

A las personas que nos ayudaron en varias oportunidades durante la realización del trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 <u>OBJETIVOS</u>	2
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 <u>PRODUCCIÓN VEGETAL</u>	3
2.2 <u>CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES UTILIZADAS</u> <u>EN EL EXPERIMENTO</u>	3
2.2.1 <u><i>Lolium multiflorum</i></u>	3
2.2.2 <u><i>Trifolium pratense</i></u>	5
2.3 <u>MEZCLAS FORRAJERAS</u>	6
2.3.1 <u>Importancia de las mezclas</u>	7
2.3.2 <u>Componentes de las mezclas</u>	8
2.3.3 <u>Elección de especies</u>	9
2.3.4 <u>Dinámica de las mezclas</u>	9
2.3.4.1 <u>Generalidades</u>	9
2.3.4.2 <u>Gramíneas</u>	10
2.3.4.3 <u>Leguminosas</u>	11
2.3.5 <u>Efecto del enmalezamiento sobre la pastura</u>	12
2.4 <u>FACTORES AMBIENTALES QUE DETERMINAN LA PRODUCCIÓN EN</u> <u>UNA PASTURA</u>	13
2.4.1 <u>Efectos de factores abióticos</u>	13
2.4.1.1 <u>Temperatura</u>	14
2.4.1.2 <u>Radiación</u>	15

2.4.1.3	Agua en el suelo.....	16
2.4.1.4	Nutrientes.....	16
2.4.1.5	Efecto del antecesor en el rendimiento de una pastura	17
2.5	EFFECTOS DEL PASTOREO	19
2.5.1	<u>Aspectos generales</u>	19
2.5.2	<u>Factores que definen el pastoreo</u>	20
2.5.2.1	Generalidades.....	20
2.5.2.2	Frecuencia de pastoreo.....	21
2.5.2.3	Intensidad de pastoreo	22
2.5.3	<u>Efectos sobre las especies que componen la mezcla</u>	23
2.5.4	<u>Efectos sobre la fisiología de las plantas</u>	25
2.5.5	<u>Efectos en la composición botánica de la pastura</u>	25
2.5.6	<u>Efectos sobre el desarrollo radicular</u>	27
2.5.7	<u>Efectos sobre la utilización de forraje</u>	28
2.5.8	<u>Efectos sobre el rebrote</u>	29
2.5.9	<u>Efectos sobre la morfología y estructura</u>	30
2.5.10	<u>Efectos sobre la persistencia de la pastura</u>	31
2.5.11	<u>Efectos del pastoreo en la calidad de la pastura</u>	32
2.5.12	<u>Efecto del pastoreo sobre la performance animal</u>	33
2.6	PRODUCCIÓN ANIMAL	36
2.6.1	<u>Generalidades de la producción animal</u>	36
2.6.2	<u>Relación consumo – disponibilidad – pastura</u>	37
2.6.3	<u>Relación asignación de forraje – consumo</u>	38
2.6.4	<u>Proceso de consumo del animal en pastoreo</u>	40
2.6.4.1	Peso del bocado	41
2.6.4.2	Tasa de bocado.....	42
2.6.5	<u>Tiempo de pastoreo</u>	42
2.6.6	<u>Efecto de la oferta de forraje sobre la performance animal y el comportamiento ingestivo</u>	43
2.6.7	<u>Método de pastoreo</u>	45

2.7 HIPÓTESIS	45
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	46
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	46
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u>	46
3.1.2 <u>Información meteorológica</u>	46
3.1.3 <u>Descripción del sitio experimental</u>	46
3.1.4 <u>Antecedentes del área experimental, fecha de siembra y fertilización</u>	47
3.1.5 <u>Tratamientos experimentales</u>	47
3.1.6 <u>Diseño experimental</u>	48
3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	49
3.2.1 <u>Mediciones de las principales variables</u>	50
3.2.1.1 Forraje disponible y remanente.....	50
3.2.1.2 Altura de forraje disponible y remanente	51
3.2.1.3 Producción de forraje.....	51
3.2.1.4 Materia seca desaparecida	51
3.2.1.5 Porcentaje de utilización	51
3.2.1.6 Composición botánica.....	51
3.2.1.7 Peso animal	51
3.2.1.8 Ganancia de peso promedio diaria.....	52
3.2.1.9 Oferta de forraje.....	52
3.2.1.10 Producción de peso vivo	52
3.3 HIPÓTESIS	52
3.3.1 <u>Hipótesis biológica</u>	52
3.3.2 <u>Hipótesis estadística</u>	52
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
3.4.1 <u>Modelo estadístico</u>	52
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	54
4.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	54
4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE	57
4.2.1 <u>Forraje disponible y remanente promedio del experimento</u>	57

4.2.2 <u>Altura del forraje disponible y remanente según tratamiento</u>	58
4.2.3 <u>Porcentaje de utilización</u>	59
4.2.3.1 Porcentaje de utilización por tratamiento	59
4.2.3.2 Porcentaje de utilización por ciclo de pastoreo	59
4.2.4 <u>Producción de materia seca</u>	59
4.2.5 <u>Forraje desaparecido</u>	60
4.2.6 <u>Producción de forraje acumulada</u>	61
4.2.7 <u>Composición botánica</u>	62
4.2.7.1 Composición botánica del forraje disponible	62
4.2.7.2 Composición botánica del forraje remanente	65
4.2.8 <u>Suelo descubierto</u>	65
4.3 <u>PRODUCCIÓN ANIMAL</u>	67
4.3.1 <u>Producción de PV/ha y GMD/animal</u>	67
4.3.1.1 Ganancia media diaria/animal según ciclo de pastoreo	68
5. <u>CONCLUSIONES</u>	70
6. <u>RESUMEN</u>	71
7. <u>SUMMARY</u>	72
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	73
9. <u>ANEXOS</u>	88

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de forraje (kg MS/ha) por corte y anual.....	4
2. Fechas de ingreso y salidas y los días de duración de cada ciclo	48
3. Disponible y remanente de los distintos tratamientos, y kg/ha de MS desaparecidos según tratamiento	57
4. Altura del forraje disponible y remanente según tratamiento	58
5. Porcentaje de utilización por tratamiento.....	59
6. Porcentaje de utilización por ciclo de pastoreo.....	59
7. Producciones medias y acumuladas según tratamiento (Kg de MS promedio)	59
8. Producciones medias y desaparecido según ciclo de pastoreo (MS promedio).....	60
9. Producción acumulada INIA-INASE y producción acumulada promedio del experimento para el cultivar del utilizado en el año 2019 y 2020: Montoro.....	61
10. Comparativa de producciones acumuladas	62
11. Composición botánica en ciclo de pastoreo 1 medido en disponible.....	62
12. Composición botánica en ciclo de pastoreo 2 medido en disponible.....	63
13. Composición botánica en ciclo de pastoreo 3 medido en disponible.....	63
14. Composición botánica en ciclo de pastoreo 1 medido en remanente.....	65
15. Composición botánica en ciclo de pastoreo 2 medido en remanente.....	65
16. Composición botánica en ciclo de pastoreo 3 medido en remanente.....	65
17. Porcentaje de suelo descubierto según ciclo de pastoreo en disponible y remanente	66
18. Porcentaje de suelo descubierto en el disponible y remanente según tratamiento....	66
19. Producción, PV final e inicial en Kg, y ganancia media diario promedio según tratamiento.....	67
20. Ganancia media diaria según ciclo de pastoreo	68

Figura No.

1. Comparación estacional de forraje con los cultivares con latencia más productivos	6
2. Importancia en la fecha de siembra en la producción otoño-invernal del primer año.....	14
3. Croquis del diseño experimental de la investigación	49
4. Temperaturas promedio históricas y del año en evaluación	54
5. Precipitaciones promedio históricas y del año en evaluación.....	56

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la producción de forraje se basa en diferentes alternativas, desde las más extensivas tales como pasturas naturales y mejoramientos, hasta las más intensivas como pasturas implantadas o verdeos. En las pasturas implantadas existen tres variantes: mezclas forrajeras, gramíneas con nitrógeno y leguminosas puras (Santiñaque y Carámbula, 1981).

En los sistemas agrícolas basados solamente en rotaciones cultivo-cultivo, pueden resultar en una disminución en la producción de grano y en los ingresos debido a una degradación del suelo. La incorporación de pasturas (con o sin leguminosas), y devolución por parte del animal, permite mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y a su vez, permite obtener otros ingresos desde el punto de vista ganadero.

La alimentación de los rumiantes a base de pastura es la fuente de alimento disponible más económica, por esta razón es fundamental conocer cómo se maximiza la producción de forraje, su mejor utilización, y como se logran buenas eficiencias de conversión en producto animal. Pero se presenta como incertidumbre la variabilidad en la producción intra e interanual, resultando en deficiencias o desperdicios de forraje afectando la cantidad y calidad del mismo.

Cabe destacar, que la elección de la especie y/o cultivar representa un factor de decisión determinante (Zanoniani, 2010) debido a que hay diversos materiales con diferentes características en cuanto a precocidad, producción de forraje, largo del ciclo, etc. La elección de este material definirá tanto el éxito del rubro pastoril, así como también del cultivo agrícola sucesivo.

La respuesta de las diferentes alternativas forrajeras, tales como, especies puras, como en este caso, *Lolium multiflorum*, y a su vez, este en mezcla con *Trifolium pratense*, como también, su evolución a lo largo de las estaciones del año, resultan imprescindibles para tener una producción estable y una oferta forrajera de mejor calidad y mayor cantidad. Como resultado de lo anterior, se obtendrán datos e información que resultarán necesarios al momento de seleccionar entre distintas opciones forrajeras a introducir en un sistema pastoril, para maximizar e incrementar la producción de forraje y a su vez la producción animal.

Este trabajo de investigación, está orientado a evaluar el resultado de incluir alternativas puras y mezclas de pasturas en rotaciones agrícolas/forrajeras. Siendo el período evaluado, el segundo año de evaluación que continuará con un cultivo de soja en los verdeos de *Lolium multiflorum* y el pastoreo en la pradera bienal que incluye *Trifolium pratense*, excepto en una parcela mezcla que se destinará a pastoreo. Se realiza con el objetivo de analizar la problemática que tiene realizar cultivo sobre cultivo, y a su vez, compararlo con la inclusión de pasturas a lo largo de la rotación.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar la producción secundaria de diferentes bases forrajeras durante el periodo invierno-primaveral para distintas alternativas de uso del suelo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características de la pastura que explican el comportamiento de la producción de peso vivo en términos de producción individual (Kg PV/animal) y producción de peso vivo por hectárea dentro de las diferentes alternativas mencionadas anteriormente.
- Evaluar y comparar material disponible y remanente de *Lolium multiflorum* puro, y de este en mezcla con *Trifolium pratense* durante el período invierno-primaveral.
- Evaluar la evolución de la proporción de especies, malezas y suelo desnudo, y producción de MS de los diferentes tratamientos a lo largo de los ciclos de pastoreo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUCCIÓN VEGETAL

Las praderas cultivadas tienen como característica una alta calidad y producción, por lo tanto, son una alternativa utilizada con frecuencia en Uruguay, como complemento a la pradera natural (García-Favre et al., 2017).

De acuerdo a Carámbula (2002), verdes de invierno, avena-raigrás, cultivos doble propósito, verdes de invierno asociados y verdes de verano asociados son los que han llegado a explotar exitosamente y eficientemente los recursos ambientales y han realizado una mejor utilización de los recursos genéticos.

Zanoniani (2010) menciona que, la productividad primaria y secundaria está limitada por tres categorías generales de restricciones. La primera restricción está dada porque la radiación fotosintéticamente activa es sólo el 45% de la energía solar incidente a nivel de las plantas. La segunda categoría de restricciones son la ocurrencia de factores abióticos que evitan que la energía solar capturada sea maximizada. Limitaciones de agua, temperatura y nutrientes frecuentemente evitan que se desarrolle una canopía foliar suficiente para interceptar la radiación fotosintéticamente activa disponible. Y, por último, la tercera categoría surge de las ineficiencias que se producen en los procesos de utilización de la biomasa por parte del animal y de los procesos de digestión internos del mismo que limitan notablemente la productividad secundaria del sistema.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO

2.2.1 *Lolium multiflorum*

Lolium multiflorum presenta hábito de vida anual, ciclo de producción invernal y hábito de crecimiento cespitoso.

Según Carámbula (2002) presenta un rápido establecimiento de plántula, es de muy alto valor nutritivo y buena apetecibilidad. Si bien frente a los cereales presenta poca precocidad otoñal, muestra muy buena entrega de forraje en invierno y primavera, variando su rendimiento según los niveles de fertilidad del suelo. Acepta distintos tipos de suelo, siendo altamente productivo en suelos fértiles.

A su vez, soporta el pisoteo y el diente al ofrecer buen piso y rebrota rápidamente dado su muy activo proceso de macollaje. Para pastoreo directo *Lolium multiflorum* se ofrece como planta rústica, agresiva y muy macolladora.

La época de siembra recomendada es otoño temprano, con el objetivo de disponer de forraje lo antes posible. Al ser una gramínea anual, su persistencia en la pastura se asegura siempre que semille y se auto siembre naturalmente, lo cual sucede con gran facilidad (en el caso que sea mezcla). En cambio, si florecen y maduran las plantas pierden valor nutritivo, se vuelven toscas y son rechazadas sin excepciones (Carámbula, 2007).

Castro-Hernández et al. (2017), como resultado de un experimento en el cuál evaluaron la calidad nutrimental del forraje raigrás, sostienen que, en términos de su composición química, digestibilidad y aporte de minerales, disminuyó con la madurez de la planta. Al aumentar el intervalo de corte aumentó el contenido de materia seca, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina ácido detergente, y disminuyó la concentración de materia orgánica y proteína cruda. En la época de primavera y verano el forraje fue más digestible y tuvo mayor aporte de materia orgánica, proteína cruda y minerales.

De acuerdo al nivel de ploidía, el cultivar (cv.) HFSS 2016 (nombre comercial Ration) se caracteriza por ser diploide anual westerwoldicum, mientras que el cultivar EXP MO 2016 (nombre comercial: Montoro) es un tetraploide anual italiano. Los tipos westerwoldicum son más productivos durante el otoño y parte del invierno mientras que los tipos tetraploide 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 westerwoldicum. En estos cultivares, las siembras tardías reducen o inhiben la floración dando como resultado pastoreo de muy alta calidad al fin de primavera (Ayala et al., 2010).

Según DSV (2019), otras características a destacar del cultivar Montoro es que tiene muy buena sanidad, presenta una excelente resistencia a roya y al marchitamiento bacteriano. Esto se combina con un buen rendimiento en el total de materia seca y en el rendimiento de materia seca en los siguientes cortes.

Por otro lado, el cultivar Ration, se destaca por tener gran capacidad macolladora, excelente sanidad y gran producción de semilla. A su vez presenta muy buen crecimiento invernal que es recomendado para verdeos invernales que requieren liberar la chacra temprano (Procampo Uruguay, citado por Duré et al., 2020).

En cuanto a las producciones de forraje por hectárea y por año de los cultivares evaluados, los datos se muestran en el Cuadro No. 1, comparados con el cv. LE 284, cv. más utilizado a nivel nacional.

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

	Cortes año 2016							TOTAL
	25/5	8/6	13/7	8/8	11/9	11/10	11/11	
LE 284	889	957	2030	1245	1996	496	0	7570
EXP MO 2016	622	593	1462	1320	2814	2168	1726	10705
HFSS 2016	933	833	1604	1382	2754	784	793	9050

Fuente: elaborado en base a INIA e INASE (2016).

En raigrás anual, que posee menor tamaño de semillas en comparación con otras gramíneas, su mayor establecimiento comparativamente con gramíneas perennes, tales como festuca, se puede deber a la mayor tasa de crecimiento relativa que resulta en plantas más desarrolladas, que compiten mejor por recursos limitantes, en un período de tiempo dado. Además, esta especie, presenta mayor tasa de movilización de reservas de almidón del endosperma hacia el embrión, que especies perennes como por ejemplo la festuca, posibilitando el logro de un mayor vigor de plántulas (García-Favre et al., 2017).

2.2.2 *Trifolium pratense*

Leguminosa de porte erecto que presenta hábito de vida bianual y ciclo de producción invernal. Presenta muy buen vigor inicial y rápido establecimiento, tolerando de buena forma el sombreado por lo tanto es apropiado para siembras asociadas. El trébol rojo, requiere de suelos promedialmente fértiles de texturas medias a pesadas con buena profundidad, pero bien drenados. Además, tiene alta producción otoño-invierno-primaveral, con posibilidad de producción estival en veranos húmedos.

Otra característica destacable de esta leguminosa es que admite pastoreos intensos, pero poco frecuentes, aunque defoliaciones severas y frecuentes reducen su productividad. Sumado a esto, en estado vegetativo posee alto valor nutritivo, y una alta capacidad fijadora de N y buena semillazón.

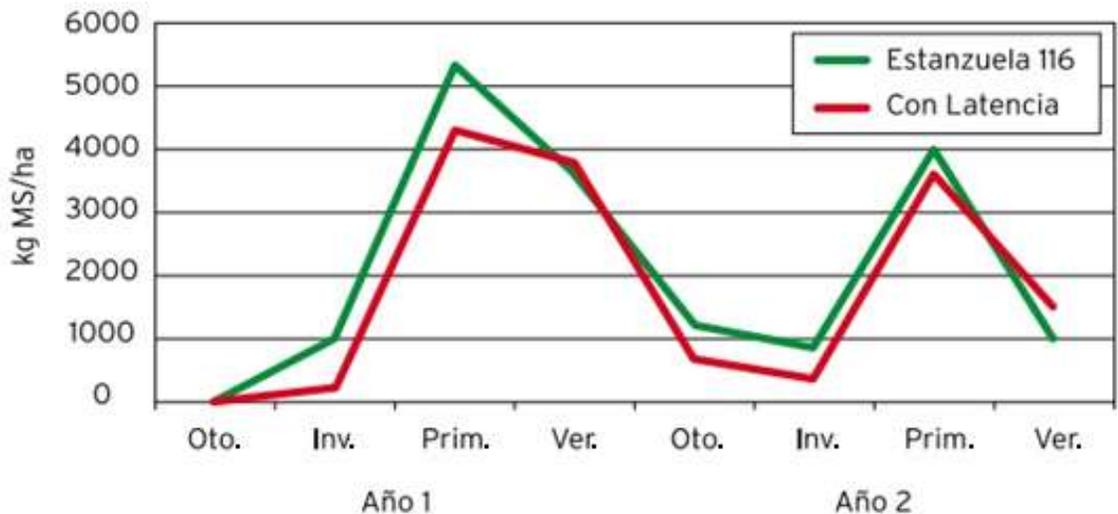
Dado que son plantas sensibles al frío, la fecha de siembra recomendada es temprano en el otoño. En siembras optimas, compiten fuertemente con otros pastos y leguminosas, más aún bajo condiciones favorables de humedad y temperatura y producen altos volúmenes de forraje en su primer año. Esta característica compensa su vida corta y justifica su inclusión en mezclas para pasturas permanentes las cuales normalmente no son productivas en su primer año y principios del segundo (Carámbula, 2002). Además, dicho autor recomienda sembrar a una densidad de hasta 8 kg por hectárea. El alargamiento de los tallos ocurre en la primavera, mientras que durante el otoño-invierno, permanecen en forma de roseta. Durante el invierno y el verano los niveles de reservas de raíz descienden notablemente, lo cual afecta la producción y persistencia.

Se adapta mejor a pastoreos rotativos o cortes, siendo su manejo ideal una frecuencia de 15-18 cm. en invierno y 20-24 cm. en primavera con una intensidad de 4-5 cm. (Carámbula, 2002). Con estos pastoreos busca lograrse una importante acumulación de reservas a través de un período de descanso largo. Rebrote a partir de yemas axilares de tallos no cortados y yemas de corona.

En este experimento, el cultivar utilizado fue Estanzuela 116, el cual proviene de una selección sobre materiales introducidos desde Nueva Zelanda. Dicho cultivar es diploide, de floración temprana, bianual, sin latencia invernal, de porte erecto a semierecto, susceptible a podredumbres radicales. Su vida productiva es de dos años, recomendándose para rotaciones cortas que requieran altas producciones en corto tiempo. Además, es uno de los más productivos considerando el rendimiento total de los dos primeros años.

El cv. Estanzuela 116 presenta una característica que lo diferencia de los cultivares con latencia y es que posee alta precocidad y destacada producción total e invernal, su pico de máxima producción se presenta en noviembre, su vida productiva es de dos años con eventuales aportes de forraje en la tercera primavera (INIA, s.f.).

Figura No. 1. Comparación estacional de forraje con los cultivares con latencia más productivos



Fuente: tomado de INIA (s.f.).

2.3 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 (Saldanha, 2020).

En Uruguay existen limitaciones para lograr estos objetivos, dado principalmente por la variación estacional de algunos parámetros ambientales (Santiñaque y Carámbula, 1981). En relación a las praderas mezclas, algunos indican que, las mezclas tendrían que ser más eficientes en el uso de los recursos ambientales disponibles que si fuesen sembradas individualmente cada especie o cada cultivar (Jones et al., Rhodes, Harris y Lazemby, citados por Fariña y Saravia, 2010).

Otros autores, afirman que no existen evidencias que las mezclas sean ventajosas para alcanzar mejores rendimientos que los mismos cultivos puros (Donald, citado por Fariña y Saravia, 2010). En relación a esto, Santiñaque y Carámbula (1981) determinaron que la combinación de especies de ciclo invernal con especies de ciclo estival (complementarias) fue más productiva que los respectivos “monocultivos” (mezclas

invernales y mezclas estivales). Esta superioridad de dichas mezclas fue consecuencia de que, al combinar especies con diferentes respuestas a los principales parámetros climáticos, se pudo explotar en forma más eficiente el ambiente total que cada una por separado. Dicho esto, se concluye que las especies con diferentes ritmos de crecimiento anual, alteran el orden de dominancia a lo largo del año, de forma tal que sus ciclos se superpongan lo menos posible, minimizando la competencia.

En Uruguay, es muy común el uso de mezclas forrajeras formadas por tres o cuatro especies complementarias, buscando una buena distribución estacional. Las pasturas cultivadas mixtas provocan la sustitución total de la vegetación presente, la preparación de una buena cama de siembra, el agregado de nutrientes al suelo y siembras de gramíneas y leguminosas en mezcla (Zanoniani, 2014).

Cuando una gramínea perenne es reemplazada por raigrás anual, la mezcla se presenta como más precoz pudiendo ser pastoreada en otoño del primer año, siendo su comportamiento posterior bastante similar a los de la mezcla con la gramínea perenne, aunque con rendimientos totales menores y riesgos mayores de enmalezamiento durante el verano (Carámbula, 2002).

Cuando el trébol rojo cumple el rol de la leguminosa de la mezcla, su persistencia es menor que la de las mezclas con leguminosas perennes, como consecuencia de su corta vida (Carámbula, 2002).

2.3.1 Importancia de las mezclas

El objetivo básico es lograr una mayor producción de forraje y de mejor calidad que el tapiz preexistente, y también disminuir la estacionalidad de la oferta de alimentos (Rovira, 2008).

En la actualidad, gran parte de las mezclas se conforman de dos gramíneas y dos leguminosas o una gramínea y una leguminosa, accediendo así a alcanzar el potencial de crecimiento individual con mayor facilidad al disminuir la competencia interespecífica y permitiendo un manejo más fácil de la misma (Langer, 1981). Es importante destacar que ni las leguminosas puras, ni las gramíneas puras constituyen pasturas ideales. Sólo las mezclas de ambas familias entregan pasturas equilibradas nutricionalmente; por lo que extender y mantener una alta productividad de las leguminosas en una pastura dominada por gramíneas, es de importancia económica básica (Carámbula, 2002).

Las ventajas por las cuales se justifica elegir una mezcla por sobre un cultivo puro son, mayor y más uniforme distribución estacional de la producción de forraje, ventajas en la alimentación como mayor calidad y menor riesgo de meteorismo, menor variabilidad interanual (Scheneiter, citado por Albano et al., 2010).

Pero a su vez, se confirma, según Carámbula (2002), que cada especie rendirá más en cultivos puros debido a que permite realizar el manejo ideal para cada una de ellas, además es cierto que las mezclas permiten realizar una utilización más eficiente del medio

ambiente, y si los ciclos de las especies que constituyen la mezcla son diferentes, la competencia entre ellas será menor.

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 y evitándose al mismo tiempo problemas nutricionales y fisiológicos: meteorismo (leguminosas puras) e hipomagnesemia y toxicidad por nitratos (gramíneas puras). No se debe olvidar que un buen porcentaje de leguminosas uniformiza la materia seca digestible a lo largo de un periodo más amplio, estimulando las producciones animales (Herriott, citado por Carámbula, 1977).

Para optar por una mezcla frente a un cultivo puro, el forraje producido debería ser igual o mayor, la distribución estacional de la producción debería ser más uniforme, la calidad del forraje superior y el riesgo del meteorismo menor, siempre y cuando las condiciones climáticas favorezcan la vegetación de ambas especies (Soto, 1996).

2.3.2 Componentes de las mezclas

En un sistema de producción, según sea la necesidad del mismo, se determina qué especie o cultivar se van a utilizar. Un ejemplo, según Carámbula (2002), necesidad de forraje en cierta época del año, que sea temporaria o permanente, que este incluida en una rotación corta o larga, necesidad de generar reservas en el sistema (fardos, ensilaje), necesidad dependiendo del sistema de producción de leche, lana o carne.

Carámbula (2002), afirma la idea de que la gramínea como componente principal de la pastura aporta productividad sostenida por muchos años (en caso que sea perenne), permite explotar el nitrógeno fijado simbióticamente, brinda adaptabilidad a gran variedad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, baja sensibilidad al pastoreo y corte, poca susceptibilidad a enfermedades y plagas, y baja vulnerabilidad a invasión de malezas.

La leguminosa aporta N a las gramíneas, poseedora de alto valor nutritivo para completar la dieta animal y es promotora de fertilidad en suelos naturalmente pobres, así como degradados por un mal manejo. Como mezcla ideal se acepta entre un 60-70% de componente gramínea, entre un 20-30% de leguminosas y un 10% de malezas (Carámbula, 2002).

Según Boggiano y Zanoniani, citados por Molinelli et al. (2014), el nitrógeno fijado en los nódulos de las leguminosas no es suficiente para cubrir sus propias necesidades durante el primer año y los inviernos, por esta razón se descarta la capacidad de ofrecérselo a las gramíneas en la mezcla.

En algunas ocasiones, cabe aclarar que la inclusión del raigrás anual en mezcla con leguminosas como trébol rojo, controla la dominancia de éstas durante el primer año o años sucesivos, especialmente cuando las condiciones ambientales o de fertilidad impiden un buen crecimiento de la gramínea perenne (Bautes et al., citados por Carámbula, 2002).

El enmalezamiento temprano, las fechas de siembras tardías, la inestabilidad de las mezclas, el cultivo antecesor, el inadecuado establecimiento y el mal manejo de las praderas son las causas de su baja producción y persistencia, desincentivando la siembra de praderas (Zanoniani, 2010).

2.3.3 Elección de especies

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

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

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

Realizar una adecuada elección de especies según su adaptación a los diferentes ambientes, ayudará a alcanzar producciones elevadas durante periodos de tiempo prolongados o lapsos más cortos, pero de prevista duración (de la Vega, 2005). Por otro lado, Mazzanti et al., citados por de la Vega (2005), destacan que el raigrás anual es una especie que posee mayor adaptación en un amplio rango de condiciones.

2.3.4 Dinámica de las mezclas

2.3.4.1 Generalidades

El manejo de las pasturas depende de un conocimiento de muchos componentes de un sistema complejo. El más importante de éstos es la planta forrajera, y por ello es necesario conocer su estructura y ciclo vital (Langer, 1981).

La invasión de malezas en el verano, es uno de los principales focos de inestabilidad de las pasturas. Dichas malezas encuentran las mejores condiciones para su crecimiento, en los espacios de suelo descubierto que aparecen en el verano como consecuencia de la desaparición de las leguminosas invernales sensibles a las sequías, constituyendo los nichos ideales para las especies invasoras (Carámbula, 2010).

En cuanto a la dinámica de las especies en la mezcla, la mayoría de las pasturas cultivadas presentan un desequilibrio acentuado a favor de la fracción leguminosa, inclusive desde el momento de la implantación, dado que es más fácil establecer leguminosas que gramíneas. Este desbalance se acentúa en mezclas sembradas sobre suelos pobres o degradados, donde la fertilización fosfatada y la deficiencia de nitrógeno conduce a una mala implantación de las gramíneas (Carámbula, 1991).

Carámbula (1991), sostiene que, si bien esta superioridad de las leguminosas tiene su aspecto positivo desde el desempeño animal, también es cierto que conduce a

pasturas de baja persistencia, dado que, una vez incrementado el nivel de nitrógeno del suelo mediante el proceso de simbiosis, la invasión de especies mejor adaptadas, pero menos productivas termina dominando las praderas.

Carámbula (2004), en la búsqueda de un buen balance entre gramíneas y leguminosas, afirma que, cuando aumentan las primeras en detrimento de las leguminosas se produce una disminución de la producción animal. Cuando el aumento es de las leguminosas se da lo contrario, pero se corren serios riesgos de meteorismo. Una forma de modificar las proporciones de las diferentes especies en una pastura es a través de un manejo eficiente de la luz, resultado de la defoliación. Por ende, con defoliaciones frecuentes se ven favorecidas la mayoría de las leguminosas, debido a que con aéreas foliares menores absorben mayor cantidad de energía que las gramíneas, en general estas últimas ven estimulado su crecimiento en los casos de defoliaciones poco frecuentes.

2.3.4.2 Gramíneas

En virtud de su estructura y hábito de crecimiento, las gramíneas se adaptan muy bien al pastoreo o corte, lo que explica su éxito y amplia distribución como plantas forrajeras. En relación a esto, la posición del ápice del tallo es la característica morfológica principal, se encuentra próxima a la superficie del suelo, por debajo del nivel alcanzado normalmente por el animal en pastoreo. Así, el proceso de formación de las hojas no se interrumpe y después de cada defoliación aparecen hojas nuevas por encima de los restos de aquellas que fueron cortadas (Langer, 1981).

El macollo individual es el punto de contacto entre las poblaciones de plantas y los animales en pastoreo, se requiere realizar estudios detallados de los mismos sobre la dinámica del crecimiento, el decaimiento por senescencia y el consumo de hojas ya que son objetivos principales en el manejo de las pasturas (Agnusdei et al., 1998).

A partir de la diferenciación del meristema apical del macollo, empiezan a desarrollarse a un lado y otro del tallo, en forma alterna, primordios foliares, que luego se desarrollarán dando lugar a las hojas. Los primordios foliares originalmente son meristemáticos, pero luego la actividad meristemática queda restringida a la base de la lámina, en un meristema llamado intercalar. Como consecuencia, si una hoja en crecimiento es parcialmente consumida por un animal, la misma puede seguir creciendo, con tal de que el meristema no sea alcanzado (Cangiano, 1997).

Para el mantenimiento de la planta y para el rebrote es indispensable el área foliar remanente, ya que es quien brinda fotosintatos a la misma. Las gramíneas tienden a acumular las sustancias de reserva en la base de las hojas (Davidson y Milthorpe, 1965).

Según Carámbula (2002), las gramíneas constituyen indudablemente el volumen más importante de forraje para los animales. Sin embargo, para que mantengan una alta producción es necesario contar con una fuente apropiada de nitrógeno, lo que se logra fundamentalmente mediante siembras asociadas con leguminosas o con la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

2.3.4.3 Leguminosas

Estas son un componente fundamental en las pasturas, sus propiedades “dadoras” de nitrógeno y su alto valor nutritivo, especialmente sus proteínas y minerales, las ubican como elementos imprescindibles en la producción de forraje. Sumado a esto, posee una alta digestibilidad y promueve una elevada ingestión voluntaria (Carámbula, 2002).

Las leguminosas tienen un comportamiento diferente al de las gramíneas, éstas últimas forman parte de muchas asociaciones en el mundo, con adaptación inherente a condiciones adversas (competencia, fuego, pastoreo, etc.) y a la supervivencia bajo situaciones de agresividad; debido a su biología y estructura muy particular, completamente distinta a la de las leguminosas (Carámbula, 2002).

Esta familia de plantas tiene la particularidad que los tallos crecen en función de un meristema apical localizado en la parte terminal de los mismos. Dicho meristema da origen a hojas alternadas con yemas axilares que eventualmente pueden desarrollarse formando ramificaciones, es decir, nuevos tallos de segundo orden. A medida que los tallos crecen, se vuelven leñosos en la base, formando una corona a nivel del suelo. Contrariamente a lo observado en las leguminosas estoloníferas, en este caso, los entrenudos se alargan elevando el meristema apical (Cangiano, 1997).

La corona es un órgano complejo de gran valor ya que constituye el asiento de los meristemas axilares desde los cuales se desarrollan nuevos tallos (regeneración), particularmente en ciertas épocas del año y luego de defoliaciones (Carámbula, 2002).

En el caso de las leguminosas de tallos erectos, las yemas o meristemas apicales están siempre por encima de la altura de defoliación, debido a la elongación que rápidamente se produce en los entrenudos de los tallos. El rebrote, luego del corte o pastoreo, se origina en las yemas de la corona o en la parte basal de los tallos que no hayan sido afectados por aquellos. Estas características morfo-fisiológicas determinan que la defoliación tenga elevados efectos en el crecimiento, producción y persistencia de este tipo de plantas (Cangiano, 1997).

Las leguminosas necesitan plena luz del día para crecer a una tasa máxima (Blade, citado por Langer, 1981). En una pastura mixta, los tréboles postrados como el trébol blanco están expuestos al sombreado ejercido por las gramíneas asociadas. Como consecuencia de esto, la tasa de crecimiento se reduce y puede llevar a la eliminación del trébol. Aquellas leguminosas con un hábito de crecimiento más erecto están, a causa de esto, menos expuestas a la eliminación por efecto del sombreado. Aun así, estas especies sólo sobrevivirán a la competencia y sombreado ejercido por las gramíneas si el manejo les permite alcanzar una cierta altura, entre períodos de pastoreo (Smetham, 1981).

La característica fundamental de todas las leguminosas es su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de su asociación con microorganismos que forman nódulos en sus raíces. En esta relación simbiótica, no sólo se beneficia la leguminosa sino también las gramíneas asociadas. La presencia de la raza adecuada de rhizobium, específica para

la especie y variedad de leguminosa sembrada, es esencial para una nodulación efectiva. Si esto no se asegura pueden fijar poco o nada de nitrógeno. El crecimiento continuo de la planta de leguminosa depende de la abundancia de nódulos rosados y saludables (Smetham, 1981).

2.3.5 Efecto del enmalezamiento sobre la pastura

En el caso de las asociaciones cultivo-maleza se establecen interacciones que cuando coinciden en el tiempo y en el espacio provocan interferencias negativas, siendo las responsables en gran medida de las pérdidas de rendimiento (Fernández, 1996). Dicha interacción provoca también una reducción del valor nutritivo (Carámbula, 2003).

Fernández (1996) define a la competencia como una captura de recursos limitados por un individuo a expensas de otro, resultando en efectos perjudiciales mutuos y recíprocos en las plantas intervinientes, dependiendo de la habilidad diferencial de esas plantas para capturar los recursos, donde interactúan distintos factores del ambiente como luz, nutrientes y agua.

La competencia por luz se da en condiciones que exista sombreado de las hojas superiores sobre las inferiores. Por lo que factores relacionados a la arquitectura de las plantas (altura y disposición de las hojas), velocidad de crecimiento inicial y hábito de crecimiento resultan determinantes, cuando existen malezas de crecimiento rápido y porte más elevado que la pastura (Fernández, 1996).

Albano et al. (2010) atribuyen que la menor producción de la pastura se debe en parte a la predominancia de tallo principal elongado en estado reproductivo, porte erecto, y altura mayor de la maleza respecto a la de la pastura lo cual provocó sombreado sobre las especies sembradas y por tanto competencia por luz.

En relación a la competencia por nutrientes, las malezas presentan mayor habilidad competitiva, asociado a características radiculares (densidad y distribución, actividad y velocidad de crecimiento) y a los consumos elevados que realiza confiriéndole ciertas ventajas (Fernández, 1996).

Con respecto al agua, Rodríguez (1988) señala que, las malezas son excelentes competidoras ya que tienen una rápida y eficiente absorción de agua a través del sistema radicular, y además una alta eficiencia en el uso del agua que presentan.

Al respecto Albano et al. (2010) al investigar cuales eran las razones del gran enmalezamiento general que sufrió una pastura, llegaron a la conclusión que a medida que las leguminosas sembradas desaparecen, como consecuencia del estrés hídrico sufrido, los espacios antes ocupados por dichas plantas, son tomados progresivamente por plantas invasoras como malezas de hoja ancha y gramíneas, especialmente de tipo C4 y en su mayoría anuales; donde cabe resaltar la mayor eficiencia de absorción y uso del agua por parte de dichas malezas, permitiéndoles ser más productivas que las plantas de tipo C3 (mezcla forrajera y otras) en momentos de déficit hídrico, lo que llevó a una gran

presencia de *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa colona*, acentuándose con pastoreos con mayor periodos de descanso.

2.4 FACTORES AMBIENTALES QUE DETERMINAN LA PRODUCCIÓN EN UNA PASTURA

El crecimiento y desarrollo de las plantas son totalmente dependientes de las condiciones ambientales, ya sea, estimulando su crecimiento y desarrollo o, por el contrario, frenándolo. Cuando se hace referencia al medio abiótico, hace referencia a la temperatura, luz, disponibilidad de agua y nutrientes como los factores que influyen en el mismo. Cabe destacar a la temperatura, como el principal factor en el cual las plantas responden de forma instantánea. El balance entre estímulos y frenos (al desarrollo y crecimiento), puede ser instantáneo o de más largo plazo y define los requerimientos energéticos y nutricionales (demanda) que debe proveer el sistema de asimilación básicamente a través de la fotosíntesis (oferta, Colabelli et al., 1998).

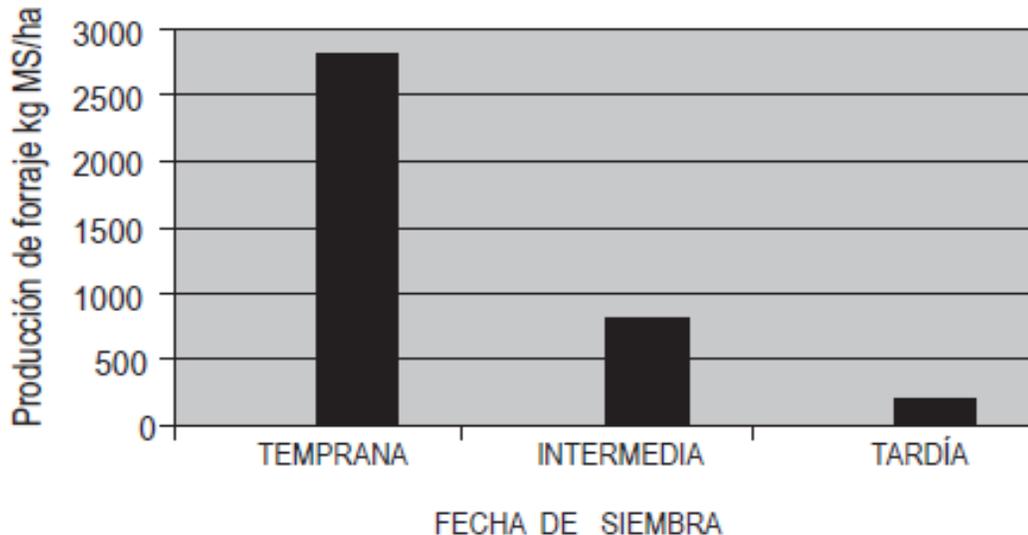
Los factores ambientales importantes que afectan a la morfogénesis y estructura de las plantas son el nitrógeno, el agua, la temperatura, y la luz. El nitrógeno como material, ya que las células que participan en el metabolismo requieren de proteínas, el agua para la turgencia celular la cual es necesaria para permitir la elongación, la temperatura simplemente por su acción sobre la velocidad de la realización de los fenómenos y los recursos de luz como señales tróficas y fotomorfogenéticas (Gillet et al., 1981).

2.4.1 Efectos de factores abióticos

Según Zanoniani (2010), las restricciones abióticas a la producción primaria neta son consideradas muchas veces como no manejables a nivel productivo, sin embargo, las mismas son frecuentemente incrementadas por deficiencias en el manejo de las pasturas. Si bien es cierto que sólo el 45 % de la energía es utilizable para la realización de la fotosíntesis, alcanzar este valor va a depender de las posibilidades de desarrollar una cobertura vegetal que permita interceptarla.

El retraso de la fecha de siembra para después de abril debido a inconvenientes en la ejecución de la rotación planificada, pastoreos de sorgo en el otoño, esperas hasta que comiencen la lluvias para empezar a preparar la cama de siembra y períodos cortos de barbecho; determinan una disminución de por lo menos 3000 kg MS/ha en el período otoño-invernal, lo que provoca una menor productividad anual, una disminución en el área efectiva de pastoreo y una sobrecarga del resto de las pasturas con la consiguiente pérdida de productividad y persistencia.

Figura No. 2. Importancia en la fecha de siembra en la producción otoño-invernal del primer año



Fuente: tomado de Zanoniani (2010).

Por otro lado, se observa que las mezclas de la mayoría de las pasturas sembradas que dejan gran parte del año descubierto el suelo, están conformadas por especies anuales y bianuales invernales (*Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense*). Si bien frecuentemente se utiliza como causa de esta desaparición las condiciones estivales, la dominancia de especies anuales invernales que son utilizadas en las mezclas, determina que por lo menos el 50 % del área del suelo se encuentre descubierto en el período que va desde octubre a mayo.

Según Hoffman y Fonseca (2000), una mayor cobertura estivo-otoñal permite además reducir la erosión causada por lluvias intensas y también un mejor aprovechamiento de los picos de nitratos que se dan a principios de esta estación.

2.4.1.1 Temperatura

La temperatura es el principal factor en el cual las plantas responden de forma más rápida o instantánea. Generalmente, la velocidad de los procesos morfogénicos, aumentan al aumentar la temperatura, por encima de un umbral por sobre el cual la planta responde con incrementos de tamaño o desarrollo.

El efecto de la temperatura, tiene mayor impacto sobre la elongación foliar (respuesta exponencial), que sobre la aparición foliar (respuesta lineal), de esto se concluye que el componente total de hojas aumenta con la temperatura (Lemaire, citado por Nabinger, 1997).

El número de macollos por planta o por unidad de área está determinado por la tasa y la estacionalidad de la aparición y muerte de macollos. La tasa de macollos es muy dependiente de la temperatura (Briske, 1991).

En los periodos de disminución de temperatura, como en otoño, se ve un aumento en la proporción de tejido foliar senescente en relación al producido, disminuyendo la eficiencia de utilización del forraje. Contrario a esto, sucede en primavera, donde al aumentar la temperatura, se da un balance positivo entre senescencia y crecimiento, y como resultado un aumento en la eficiencia de utilización (Colabelli et al., 1998).

La velocidad de aparición foliar y la elongación de las hojas, aumentan a medida que aumentan las temperaturas medias diarias. Pero como el número máximo de hojas por macollo es relativamente constante para las diferentes especies, la vida media de las hojas en los períodos de activo crecimiento debe ser más corta, por lo tanto, el recambio de tejido se acelera (Colabelli et al., 1998).

Con relación al desarrollo radicular, el óptimo de temperatura para el desarrollo del mismo se da a menores temperaturas que el óptimo del macollaje, por ende, la relación parte aérea/raíz, aumenta al aumentar la temperatura (Morley, 1978).

La mayoría de las gramíneas de origen templado como el raigrás, parece tener temperaturas óptimas para el crecimiento foliar que varía entre 20 a 29 °C. A su vez, el macollaje responde en forma muy similar al crecimiento foliar, y este magnifica mucho el efecto, ya que cerca de la temperatura óptima aparecen con rapidez nuevos macollos, que producen hojas en rápida sucesión (Langer, 1981).

2.4.1.2 Radiación

El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente heterogéneo. La parte superior del tapiz recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo a medida que se introduce en profundidad sobre los estratos foliares.

Las principales respuestas fotomorfogenéticas de las plantas están mediadas por pigmentos fotosensibles, estos son el fitocromo (sensible en la porción del Rojo (R) y el Rojo Lejano (RL) del espectro lumínico), criocromo (sensible a la porción Azul) y UVcromo (sensible a los rayos ultra violeta).

Por esta razón, cuando las pasturas acumulan excesivo material y se genera un ambiente sombreado (pasturas cerradas), la estructura de la cubierta se caracteriza por una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado. Si las condiciones de sombreado presentan continuidad, el escaso desarrollo radical podría conferir a la cubierta susceptibilidad a condiciones de estrés climático y al pastoreo (Colabelli et al., 1998).

En un canopeo denso, las plantas individuales no pueden expresar su capacidad morfogenética porque la cantidad de luz está físicamente limitada. Este hecho explica porque la variabilidad genética observada en plantas aisladas no se expresa en cultivos densos (Lemaire et al., 1987).

A su vez, Colabelli et al. (1998) sostienen que, el manejo del pastoreo pasa a tener un rol fundamental como modelador de la estructura de las pasturas: cuando se aumenta la intensidad del pastoreo, la biomasa disminuye y la pastura tiende a tomar una

estructura basada en alta densidad de pequeños macollos. Contrario a esto sucede cuando la presión de pastoreo decrece. Si los cambios entre tamaño y números de macollos son compensatorios, la producción de biomasa por unidad de área de pastura estructuralmente contrastante tiende a ser similar.

2.4.1.3 Agua en el suelo

El estrés hídrico puede acelerar o deprimir la tasa de aparición foliar, afectando la longitud de la vaina y/o la tasa de expansión foliar (Ferri et al., 2008).

Generalmente, la elongación celular se ve más afectada por el déficit hídrico que la división celular. Como resultado, se da una reducción de la tasa de elongación foliar y por ende un menor tamaño de las hojas en pasturas, con carencias hídricas en comparación con pasturas que no han sufrido dichas carencias (Colabelli et al., 1998).

También, se ha observado una reducción de la tasa de macollaje y del número de hojas vivas por macollos en condiciones de déficit hídrico, sumado a un incremento de los procesos de senescencias de hojas y macollos (Turner y Begg, 1978). Como consecuencia, la vida media foliar tiende a ser más corta y las pasturas presentan menor densidad.

Como respuestas a la falta de agua, generalmente las especies presentan mayor crecimiento en profundidad de las raíces. Según Gales, citado por Colabelli et al. (1998), en raigrás perenne el crecimiento radicular en estratos superiores con deficiencia de agua se ve significativamente afectado. Los centímetros superiores de suelo son los primeros en manifestar el déficit hídrico, y en ellos se encuentra la mayor proporción de nutrientes, por ende, la reducción de crecimiento aéreo frente a condiciones de déficit hídrico puede deberse tanto a la falta de agua, como también a la deficiencia de nutrientes, dado que al estar seco el horizonte de mayor fertilidad, los nutrientes no se encuentran disponible (Jones, citado por Colabelli et al., 1998).

Con el déficit hídrico, aumenta la relación raíz/parte aérea, esto ocurre debido a que, disminuye el crecimiento de la parte aérea, disminuyendo la capacidad fotosintética de las hojas, determinando un incremento en los asimilados disponibles, los cuales son utilizados en mayor proporción para el desarrollo radicular (Turner y Begg, 1978).

2.4.1.4 Nutrientes

El nitrógeno es el nutriente vital que limita la producción de forraje de todas las pasturas. Sin embargo, el fósforo es una de las principales llaves para resolver la disponibilidad de dicho elemento, a través de su efecto beneficioso sobre el crecimiento de las leguminosas. También contribuye a lograr una mejor eficiencia sobre el uso del nitrógeno aportado por ellas a las gramíneas asociadas o por el fertilizante nitrogenado a las gramíneas puras (Carámbula, 2002).

El nitrógeno en las gramíneas de clima templado promueve el macollaje en diferentes épocas del año, ya sea otoño o primavera, aunque con diversas magnitudes. Por ejemplo, en la primavera la respuesta es menor (30-50% de incremento) y se alcanza en menos tiempo, a diferencia del otoño, que el incremento en el número de macollos puede

ser de 100% y la respuesta se mantiene por más tiempo. Esto toma gran relevancia práctica, ya que el incremento en el número de macollos en otoño puede traducirse en un cultivo mejor implantado, con mayor persistencia y con menos superficie de suelo descubierto (García y Mazzanti, 1993).

Estas respuestas estacionales del macollaje al nitrógeno están principalmente controladas por los factores asociados al tapiz vegetal como densidad de macollos, genotipos, índice de área foliar y al ambiente como temperatura, agua, calidad de la luz (Colabelli et al., 1998).

En contraste con la mayoría de los nutrientes vegetales, en general, el fósforo es absorbido por los suelos y se torna solo ligeramente soluble, de manera que las pérdidas por lixiviación son muy pequeñas. Las gramíneas son competidores más fuertes que los tréboles por el fósforo, y esta capacidad competitiva es aumentada aún más por altos niveles de N en el suelo (Langer, 1981). A su vez, la mayor parte del P excretado por los animales en pastoreo se encuentra en el estiércol. Hasta un 80% de P presente en el estiércol se encuentra en forma inorgánica o inmediatamente disponible para las plantas.

El aumento en la contribución de gramíneas y leguminosas tiernas y finas surge como consecuencia del incremento en la biomasa otoño-invernal y la calidad de la pastura; esta situación requiere de la incorporación estratégica de nitrógeno y fósforo al sistema. Estos nutrientes (en especial el nitrógeno) permitirán una disminución del largo del filocrono y un aumento en el número de macollas incrementándose la eficiencia de conversión de energía lumínica en producción de biomasa primaria (Nabinger 1996a, Lemaire 2001). La incorporación de leguminosas (aumentando el nivel de fósforo) permitiría también cumplir lo anterior, además de aumentar la calidad de la biomasa producida (proteína cruda y digestibilidad), aunque la cantidad de biomasa total puede disminuir debido a los mayores contenidos de agua y CHOS solubles con respecto al de las gramíneas (Haynes, 1980).

Por otro lado, la introducción de nuevas especies y el cambio en fertilidad, determinarán variaciones espaciales y temporales en la competencia que se incrementará cuando los factores en competencia estén en niveles inferiores a los óptimos, por lo que resulta claro que una mejora en la producción pasa ineludiblemente por una modificación de la composición botánica de la pastura y mejora en el nivel de fertilización de forma de cumplir mejor con los objetivos de la producción.

2.4.1.5 Efecto del antecesor en el rendimiento de una pastura

La presencia de un rastrojo en superficie provoca cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, alterando la dinámica de los procesos que en él ocurren. Los suelos que están bajo sistemas de producción de cero laboreos, presentan mayores contenidos de humedad que los suelos bajo laboreo, explicado por una mayor infiltración de agua, por una disminución del escurrimiento superficial y por una menor pérdida por evaporación (Martino, 1997). En efecto, la interceptación por estos restos reduce la cantidad de luz que llega al suelo, y modifican la relación rojo/rojo lejano, que

regula el proceso de germinación, pudiendo ser inhibida en las semillas sembradas (Deregibus et al., 1994).

Un factor inherente al rastrojo es la cantidad, según Brown y Dikey, citados por Parr y Papendick (1980), observaron que el porcentaje de descomposición estaba inversamente relacionado con la cantidad de residuos. Cuando mayor es el contenido de rastrojo agregado, más tiempo es requerido para que la mineralización neta restablezca la concentración inicial de nitrato presente en el suelo.

Purvis (1990) afirma que los principales factores en determinar los efectos del rastrojo en el crecimiento y rendimiento del cultivo siguiente, fueron el tipo de rastrojo, la cantidad y distribución de las lluvias y el grado de descomposición que tenía el rastrojo antes de sembrar el cultivo siguiente. Las propiedades químicas son afectadas por el efecto de la disponibilidad de nutrientes para el siguiente cultivo y esta retención depende de la calidad, relación C/N y lignina; y cantidad del residuo. Cuando en el suelo se descomponen rastrojos con poco nitrógeno, la disponibilidad para los cultivos desciende durante algunos meses.

El rastrojo de soja, tiene la particularidad de tener una relación C/N relativamente baja, aproximadamente entre 42-45/1 (Doran et al., 1986), y presenta cantidades de rastrojo bastante menores respecto otros cultivos determinando que la degradación total y la liberación de nutrientes sea bastante rápida. Por otro lado, Browning et al. (1942), indican que la soja tiene un efecto de soltar el suelo y lo explican por el efecto del canopeo que brinda protección contra la erosión hídrica, a la acción desecante del sistema radicular y al incremento de la agregación resultante de la descomposición del rastrojo. La soja frecuentemente deja el suelo en excelentes condiciones físicas y no disminuye la disponibilidad de nitrógeno del suelo.

Borges (2001), obtuvo diferencias significativas en cuanto a la velocidad de descomposición del rastrojo de soja respecto al de maíz o trigo. A su vez, sostiene que la soja no inmovilizó nitrógeno, en cambio el rastrojo de trigo y maíz inmovilizaron hasta los 85 y 185 días después de iniciado el experimento respectivamente. Además, el girasol y la soja dejan un volumen de rastrojo menor, con una menor relación C/N que el sorgo y maíz, lo cual es una ventaja en cuanto a facilidad de siembra y disponibilidad de nitrógeno dejado en el suelo (Martino, 1994).

Según Doran et al. (1986) la mayoría del nitrógeno en residuos de soja fue mineralizado y tomado por el segundo cultivo; en el caso del maíz nada del nitrógeno inmovilizado fue recobrado por el cultivo siguiente.

2.5 EFECTOS DEL PASTOREO

2.5.1 Aspectos generales

Para obtener un incremento en producción primaria (forraje), y en la secundaria (carne, leche, lana) es indispensable formular alternativas de manejo, dentro de las cuales el control del pastoreo se presenta como una de las más manejables. Por lo tanto, se ha reconocido al ajuste de la dotación como gran influente tanto sobre la producción y utilización del forraje, la ganancia animal individual y por unidad de superficie y la vida productiva de la pastura.

El principal factor biótico, que provoca efecto sobre la producción de pasturas sembradas, es el ganado mediante el pastoreo, es por esto que se deben tomar criterios, manejando altura de entrada y de salida a la pastura para lograr reducir los efectos negativos que pueda generar un mal pastoreo.

Una pastura bajo pastoreo es un sistema dinámico, en el cual el tejido foliar es continuamente producido por macollas, es consumido por animales o se pierde por senescencia (Smetham, 1981).

El manejo del mismo debe ser dirigido a mantener las condiciones ideales para que la pastura produzca el máximo de forraje con el mínimo de pérdidas de recursos naturales, favoreciendo a la vez el mejor comportamiento animal (Carámbula, 2004).

Se han encontrado problemas asociados al desbalance de la rotación cultivo-pastura, producción de forraje y elevada carga animal en el área efectiva de pastoreo, lo cual se asoció con inestabilidad en el sistema y altos costos por unidad de producto (Chilibroste et al., 2003). El aumento de productividad basado en incrementos en la carga animal superiores a la capacidad de carga del sistema, no permitirá un manejo racional del pastoreo y provocará una reducción en la persistencia productiva de pasturas perennes.

Según Nabinger (1996b), la pastura afecta directamente la condición del animal a través de la oferta en cantidad y calidad, pero a su vez, el animal afecta la condición de la pastura a través de los efectos del pastoreo. Estos efectos pueden ser benéficos, si interfiere, por ejemplo, en el proceso inexorable de senescencia, o menos deseable, a través de su acción de selección, el pisoteo, el arrancado de plantas, la regeneración de plantas y las deyecciones.

Soca et al. (2006), afirman que la identificación de variables simples a nivel de la pastura (ejemplo: altura remanente del forraje en diferentes estaciones del año) en las cuales basar manejos, permitirán un buen balance entre producción de forraje, producción animal y persistencia de la pastura.

El manejo de la defoliación para producir rendimientos elevados de forraje durante una etapa vegetativa, debe tener en cuenta dos factores que normalmente tienen efectos opuestos, frecuencia e intensidad (Carámbula, 2004).

Según Gastal et al. (2004), la defoliación es caracterizada por la intensidad y frecuencia con que se realice, y consiste en la remoción de parte de los órganos aéreos de las plantas, sus hojas y tallos. En otras instancias, el momento de defoliación debe ser definido por otros parámetros, como ser la homogeneidad o heterogeneidad espacial del cultivo, así como también es de considerar el estado de desarrollo, particularmente, la iniciación floral.

Según Carvalho et al. (2000), los animales seleccionan una zona de mayor preferencia la cual tiene una vegetación con la particularidad de ser baja, verde y compuesta por láminas. En cambio, las de menor preferencia se presentan con vegetación más alta y mayor presencia de material senescente. Por consiguiente, la defoliación selectiva del animal genera con el pasar del tiempo diferentes estructuras y estas por su parte afectan la selectividad animal.

Hart et al., citados por Bailey et al. (1996) descubrieron que, reducir la dimensión de un potrero y acortar la distancia a la fuente de agua, son aspectos fundamentales para optimizar la utilización del forraje en vez de efectuar sistemas intensivos de pastoreo rotacional. En cambio, accesibilidad al agua, arcos, alambrados y otras prácticas de manejo tienen escaso o nulo efecto en la selección de la dieta o en los procesos de selección de los sitios de alimentación. Los alambrados se pueden usar para limitar sitios de alimentación alternativos. Es así, que, dentro de un sitio de alimentación, la pastura o el potrero debe ser lo más similar posible para obtener un pastoreo uniforme (Bailey y Rittenhouse, citados por Bailey et al., 1996).

2.5.2 Factores que definen el pastoreo

2.5.2.1 Generalidades

Las especies forrajeras a diferencia de los cultivos perduran por mayor tiempo y deben ser defoliados varias veces durante el transcurso del mismo, por lo que el conocimiento de los efectos de la defoliación se vuelve sumamente importante para alcanzar los potenciales de crecimiento. Como factor de defoliación, la frecuencia e intensidad de pastoreo debería sincronizarse con la máxima acumulación de biomasa verde y el mínimo rastrojo compatible con la máxima tasa de crecimiento instantáneo (Parsons y Penning, 1988).

En sistemas de producción pastoril se busca mejorar el aprovechamiento del forraje disponible. Para esto se debe lograr, maximizar la eficiencia de cosecha de forraje por animal, sin afectar sensiblemente su producción individual, es decir, el animal debe consumir y transformar en producto la mayor cantidad de forraje producido posible. Por otro lado, se busca mantener en el tiempo la composición botánica deseada de la pastura para que no disminuya su productividad, no debe deteriorarse la pastura por desaparición de sus integrantes por efecto de su pastoreo o corte (Giordani, 1973).

Un pastoreo rotativo demasiado frecuente puede conllevar también a menores tasas de rebrotes y disminución de sobrevivencia de las plantas, con disminuciones de la

producción y persistencia de las pasturas. Se debe tener en cuenta que cualquiera sea el sistema de pastoreo utilizado debe necesariamente ser regulado por un correcto balance entre oferta y demanda, ya que la consecuencia de desbalances provocará la aparición de especies sustitutas de menor productividad y una reducción en la productividad primaria y secundaria del sistema productivo implementado.

Sheath et al. (1987) indican que los requerimientos para el manejo del pastoreo pueden reunirse en tres puntos, en primer lugar, ajustar la oferta de forraje de la mejor manera posible con la demanda por parte de los animales. Por otro lado, generar en las pasturas una composición botánica deseable, y, por último, mantener en buenas condiciones la calidad nutricional de la pastura.

En este sentido Zanoniani (2010) sostiene que el manejo de la carga animal constituye la variable a considerar en la interacción pastura-animal, la oferta de forraje (OF) permite regular la misma para obtener una adecuada productividad animal y una buena persistencia productiva de la pastura. A medida que aumenta la OF, aumenta el peso de los macollos por un incremento en el peso de láminas y vainas (Saldanha et al., 2010).

2.5.2.2 Frecuencia de pastoreo

La frecuencia de defoliación es el intervalo entre dos periodos sucesivos de pastoreo, definiéndose como la cantidad de veces que el animal ingresa a pastorear en un mismo lugar.

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, el elemento que determinará la longitud del periodo de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, aspecto que será determinado en teoría por el IAF óptimo definido como el área foliar capaz de interceptar el 95% de la luz incidente (Carámbula, 2007).

Otra forma de manejar la frecuencia de pastoreo es mediante la altura del forraje disponible al comenzar el mismo. Para Hodgson (1990) la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo, ya que es la variable más simple para predecir la respuesta tanto de la pastura como del animal.

Según Fulkerson y Slack (1995), el número de hojas puede ser un criterio conveniente para determinar el momento apropiado para pastorear, ya que se basa en el desarrollo morfológico, el cual integra muchas variables ambientales y de manejo.

En relación a lo mencionado por Nabinger (1998), Carámbula (2002), la cantidad de hojas para permitir la entrada varía entre 2,5-3,5 hojas, dependiendo de la especie a pastorear.

Cabe destacar, que la frecuencia de pastoreo también debe considerar la velocidad de recambio foliar de los genotipos, con el fin de aumentar la eficiencia de utilización del forraje, reduciendo así, las pérdidas por senescencia. Los genotipos de

recambio foliar más acelerado, son los que deben ser defoliados con mayor frecuencia (Colabelli et al., 1998).

Pasturas mantenidas con bajo IAF en pastoreo continuo presentan mayor número de macollos, pero su tamaño es menor. Contrariamente pasturas en que la presión de pastoreo es baja presentan mayor IAF y se caracterizan por menor número de macollos de mayor peso. Cuando a estas pasturas se las somete a pastoreos intensos, hay una remoción sustancial de las hojas, por lo que la posterior restauración del área foliar depende de las reservas.

Por otro lado, una pastura pastoreada severamente por un largo periodo no puede depender continuamente de las reservas ya que estas no son restablecidas debido al bajo IAF. En cambio, cuando una pastura es mantenida con bajo IAF algunas plantas tienen capacidad de responder modificando su estructura y pasan a producir mayor número de macollos por planta, pero de menor tamaño, teniendo las mismas hojas de menor tamaño (Nabinger, 1998).

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

2.5.2.3 Intensidad de pastoreo

Con referencia a la biomasa cosechada en cada pastoreo o corte (intensidad de cosecha), el mismo está dado por la altura de la pastura al retirar los animales, lo que no solo afecta la biomasa cosechada en cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total de la pastura. En este sentido la mayor intensidad tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje siguiente. En todos los casos es muy importante que el remanente que se deje sea realmente fotosintéticamente eficiente (Carámbula, 2004).

Para evitar inconvenientes y como recomendación general, las especies prostradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y la erectas entre 5,0 y 7,5 cm. De no realizarse así se pueden causar daños irreparables (Carámbula 2002, Agustoni et al. 2008).

Las diferentes intensidades de pastoreo generan cambios en la disponibilidad y en la estructura del forraje ofrecido a los animales. Altas intensidades de pastoreo se generan pasturas más tiernas, con mayor proporción de hojas y tallos tiernos, determinando un mayor aprovechamiento del forraje (Zanoniani et al., 2006).

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

Con bajas intensidades de pastoreo se logran pasturas con tallos más desarrollados con menor proporción de hojas. Pasturas más altas determinaron mayores disponibilidades y utilización de las hojas (Zanoniani et al., 2006).

Según Chilibroste et al. (2008), se obtiene menor producción en los pastoreos de mayor intensidad, sin embargo, la utilización del forraje producido es mayor debido a la mayor remoción de forraje verde y a las menores pérdidas por senescencia. Esta mayor utilización del forraje no se refleja en mayores consumos, ya que la producción de forraje es menor y por ende cae la producción animal individual, lo cual puede estar determinado por menores consumos y mayores costos de cosecha (principalmente en los últimos días del período de pastoreo cuando el forraje presenta menor altura).

Según Chilibroste et al. (2008), se encontró que incrementos en la altura de defoliación llevan a mejoras en la tasa de crecimiento de forraje y las ventajas son mayores en rendimiento acumulado de forraje. La capacidad de rebrote de una pastura luego del pastoreo depende del área foliar remanente y de la capacidad fotosintética de la misma, a su vez esta última depende de la luminosidad y de la temperatura. Cuando el área foliar se desarrolla en condiciones de baja luminosidad y temperatura, el área remanente es de baja eficiencia fotosintética, sucediendo lo contrario en condiciones opuestas (Nabinger, 1998).

En relación a la rapidez y eficiencia con que se realiza el crecimiento de los sistemas radiculares, será tanto menor cuanto más maltratadas hayan sido por sobre pastoreos las plantas en el invierno. En estas ocasiones no solamente se impedirá la acumulación de reservas en órganos más percederos de las plantas, sino que el pastoreo altera también el micro ambiente debido a la acción física del pisoteo sobre la parte aérea de las mismas y sobre la parte subterránea provocando compactación, falta de aireación y menor infiltración de agua (Carámbula, 2002).

Existe una evidencia bastante consistente de que el rebrote depende de la interacción entre los carbohidratos de reserva en la planta, y el área foliar del rastrojo residual. Como consecuencia de esto, las plantas pastoreadas antes de ser sometidas a un periodo de descanso suficientemente largo como para recuperar las reservas utilizadas, tendrán un rebrote más lento y su rendimiento será menor (Smetham, 1981).

2.5.3 Efectos sobre las especies que componen la mezcla

Para determinar el rendimiento económico de las pasturas, el cual está conformado por macollas, tallos y hojas, es imprescindible conocer los eventos que se suceden en la formación de estos componentes del rendimiento y los efectos que pueden ejercer diferentes factores sobre los mismos (Carámbula, 2003).

La remoción por pastoreo de los estratos de tejidos meristemáticos, se genera un retraso en el restablecimiento del área foliar dado que el rebrote deberá realizarse a partir de las yemas axilares (Briske, citado por Cullen et al., 2006).

Cuando se realiza un pastoreo aliviado, el área foliar remanente se compone mayoritariamente por hojas viejas, por lo que su valor como área fotosintéticamente activa es muy bajo. Este comportamiento se refleja principalmente en gramíneas con poco desarrollo de nuevos macollos, donde la mayoría de las hojas jóvenes se encuentran en el estrato superior de la pastura (Pearce et al., 1965).

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

Zanoniani (1999), plantea instalar las plantas en condiciones similares de competencia por los recursos, y luego de su pastoreo permitirles su recuperación. Para llegar al objetivo anteriormente mencionado, se debe tomar al pastoreo rotativo como la opción adecuada, evitando el pastoreo continuo tradicional sin regulación de carga.

Los máximos rendimientos anuales de forraje se alcanzarían dejando crecer a las pasturas, de manera continua y cosechando inmediatamente antes de que la velocidad de acumulación de materia seca disminuya o se detenga. De dicha manera, se puede lograr que la pastura crezca a una tasa máxima durante el máximo tiempo posible (Langer, 1981).

Entre gramíneas y leguminosas los efectos causados por el pastoreo presentan diferencias. A igualdad de condiciones (ejemplo: área foliar remanente), las leguminosas interceptan más luz por la disposición característica de sus hojas, esto le brinda una ventaja frente a las gramíneas que es recuperarse más rápidamente de la defoliación. Por el lado de las gramíneas, pueden presentar este comportamiento diferencial según su hábito de crecimiento, ya sea postrado o erecto. Las de porte postrado llegan antes a su IAF óptimo, pero con menor cantidad de forraje, sin embargo, las de hábito erecto con manejos más aliviados presentan un mayor rendimiento de forraje (Carámbula, 2004).

Según Langer (1981), en virtud de su estructura y hábito de crecimiento, las gramíneas se adaptan muy bien al pastoreo. La característica morfológica principal es la posición del ápice del tallo el cual se encuentra próxima a la superficie del suelo, por debajo del nivel alcanzado normalmente por el animal en pastoreo. Así el proceso de formación de hojas no se interrumpe y después de cada defoliación aparecen hojas nuevas por encima de los restos de aquellas que fueron cortadas.

Con respecto al raigrás, el manejo del pastoreo es uno de los elementos que definen más claramente el contenido azucarado. Los pastoreos menos frecuentes, permiten mayores contenidos de azúcar por acumulaciones fisiológicas más importantes que los pastoreos frecuentes, donde el azúcar obtenido por fotosíntesis es fuertemente consumido para sostener las tasas muy elevadas de crecimiento inicial (Lus, 2010).

A su vez, Lus (2010) afirma que, el momento del día en el cual se determinan los contenidos también es importante. Los niveles suelen ser mayores durante la tarde, debido a una mayor actividad fotosintética de acumulación de azúcares; mientras que, por la mañana, los niveles son menores debido a la respiración por parte del raigrás durante la noche. De esta manera, son recomendables los pastoreos con un poco más de espaciamiento entre cortes que lo que habitualmente suelen verificarse, siendo más recomendables los realizados posteriormente al mediodía.

Esto permitiría lograr más forraje, con mejores tenores de materia seca y una relación proteína/azúcares más balanceada a favor de los siempre escasos azúcares. También cabe destacar que el raigrás anual es uno de los verdes de invierno que mayor balance presenta entre proteína soluble y azúcares (Lus, 2010).

2.5.4 Efectos sobre la fisiología de las plantas

La producción de tejido foliar es un proceso ininterrumpido, que está influenciado por factores ambientales y características del estado de la pastura. Ante la presencia de animales en pastoreo, el tapiz se enfrenta a una defoliación cuya frecuencia e intensidad afectan la fisiología de las plantas, por su efecto en la tasa de producción de nuevas hojas. Por ende, la optimización de los sistemas de pastoreo depende directamente de la maximización de la producción de forraje. Es una interacción entre los tres flujos de tejido foliar que se dan en los sistemas pastoriles: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons et al., 1991).

Posterior a un pastoreo, se prioriza el rebrote, utilizando eficientemente la energía remanente post – defoliación, a razón de alcanzar lo más pronto posible un balance positivo de fijación de energía (Chapin et al., Richards, citados por Formoso, 1996).

Cuando las tasas de crecimiento del forraje empiezan a disminuir, donde la fijación y translocación de energía supera la demanda de los meristemas refoliadores de la parte aérea, la energía excedente tiene como finalidad restaurar el nivel de reservas previamente utilizado (Smith, citado por Formoso, 1996).

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

2.5.5 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).

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

Generalmente en los primeros años de vida en las pasturas dominan las leguminosas, con el transcurso del tiempo éstas se van perdiendo y comienzan a predominar las gramíneas. Esto se da en la gran mayoría de los predios, debido a que gran parte de las pasturas se encuentran botánicamente desequilibradas, generando una pérdida de producción de forraje y una disminución en la producción animal (Carámbula, 2004).

Además, Carámbula (2004) afirma que, en manejos del pastoreo poco frecuente las gramíneas compiten fuertemente por luz con las leguminosas, principalmente en primavera. En contraposición, en invierno la falta de luz favorece a la leguminosa, pasando a ser una limitante para las gramíneas, de no tener en cuenta lo anterior, esto llevaría a cambios en la constitución de la pastura.

Barthram et al. (1999) sostienen que cambios en la composición botánica debidas a cambios en el manejo son lentos en ocurrir, mientras cambios en la estructura vertical de la pastura son evidentes en menor tiempo. En pasturas no pastoreadas el balance de abundancia relativa de especies está determinado principalmente por la competencia por luz, agua y nutrientes. En ecosistemas pastoriles un factor determinante de la composición botánica y de su estabilidad es el pastoreo (Nabinger, 1996b).

Jones, citado por Carámbula (2004), sostiene que un manejo incorrecto puede llevar a una disminución en la productividad y el deterioro de la composición botánica de las pasturas sembradas. A su vez, se debe tener en cuenta la interacción entre el manejo y el fertilizante aplicado, en el mantenimiento o mejoramiento de la composición y calidad de la pastura.

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

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

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

Por otra parte, Agustoni et al. (2008), dicen que en la medida que baja la oferta de forraje aumenta la proporción de suelo desnudo e invasión de malezas, lo que se relaciona al sobrepastoreo sufrido por las plantas sembradas, que afectan su crecimiento incrementando la susceptibilidad de las mismas a la competencia y llevando a la mortandad de muchas plantas, además se le puede sumar el efecto del pisoteo. Por último,

la menor presencia de restos se da en asignaciones de forraje bajas, ya que en esta condición se ve reducida la posibilidad de selección de la dieta debido a una mayor presión de pastoreo ejercida por parte de los animales (Almada et al., 2007).

2.5.6 Efectos sobre el desarrollo radicular

Un sistema radicular, con menor desarrollo, consecuencia de pastoreos frecuentes, posiblemente pondría a las plantas en riesgo de ser arrancadas por los animales durante el pastoreo (Thom et al., citados por Donaghy y Fulkerson, 1998).

Carámbula (2004), sostiene que, luego de cada corte o pastoreo, disminuye la cantidad de carbohidratos producidos por el sistema aéreo. A razón de esto, gran parte de los sistemas radiculares de las pasturas muere, y con ellas, en las leguminosas, también muere un importante número de nódulos.

Por lo mencionado anteriormente, Carámbula (2004) añade que, 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. Es necesario señalar que el sobrepastoreo invernal, compromete el crecimiento de las raíces a fines de esta estación, al dificultar la previa acumulación de reservas.

Con relación al manejo del pastoreo, al defoliar en el estado de 3 hojas por macolla y dejando un remanente de alrededor de 50 mm de altura, se optimiza la persistencia y la productividad del raigrás perenne. Al aplicar este manejo, en vez de en forma más frecuente e intensa, ocurre una más rápida recuperación del nivel de carbohidratos solubles, una mayor proporción de los mismos es destinada a mantener un sistema radicular activo y se favorece el macollaje (Donaghy y Fulkerson, 1998).

A su vez, Edmond, citado por Carámbula (2004), el sobrepastoreo en invierno genera una alteración en el microambiente, a través del pisoteo. Como consecuencia se genera una variación en la parte aérea de las plantas, así como también en 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.

Zanoniani (2010) afirma que las raíces de forma fasciculada de las gramíneas son más densas por unidad de volumen de suelo y, en consecuencia, poseen una mayor superficie de contacto con el suelo, cuando se las compara con las raíces pivotantes de las leguminosas. A su vez, consideró que esto podría darles a las gramíneas una ventaja competitiva sobre las leguminosas, en la obtención de nutrientes y agua, y en especial de nutrientes poco móviles como fósforo.

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

2.5.7 Efectos sobre la utilización de forraje

La frecuencia y severidad de defoliación determinan la característica estructural de una pastura, así como también la utilización de la misma. Cuando la vida media foliar no supera a los intervalos de defoliación, va a ocurrir mayor pérdida por senescencia del material verde y aumentará la diferencia entre la producción primaria y la cosechable. Por esta razón, la frecuencia y severidad de defoliación con la que se maneja la pastura, interactúan con la morfogénesis y las características estructurales de esta, logrando así determinar la fracción cosechable de la misma.

Esto permite establecer estrategias de pastoreo, considerando el intervalo de aparición foliar y el número de hojas vivas por macollo, y teniendo en cuenta el tiempo de descanso óptimo para cada especie en particular (Chapman y Lemaire, 1993).

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

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

En un sistema de pastoreo rotativo, el intervalo entre defoliaciones está determinado por el período de descanso. Si dicho periodo es más corto que la vida media de las hojas de la pastura, la eficiencia de utilización del forraje será óptima, en cambio, cuando es más largo, un porcentaje de tejido foliar llegará a la etapa de senescencia antes de la siguiente defoliación, y la eficiencia de utilización será menor (Gastal et al., 2004). Con IAF altos, baja la productividad neta y la utilización del forraje, ya que el consumo disminuye por la presencia de material senescente (Hodgson et al., citados por Gastal et al., 2004).

Una forma de defoliación ya sea bajo corte o pastoreo determina la utilización de las pasturas. Esta defoliación puede ocurrir varias veces en el año, lo que generaría una pérdida de casi la totalidad de la superficie foliar interceptora de luz. Como resultado de lo anterior, la producción dependerá estrechamente del rebrote y de los factores que lo afecten (Davies, 1988).

Se sugiere evitar defoliaciones severas que reduzcan el crecimiento de forraje, pero deben ser intensas como para lograr una alta eficiencia de cosecha. De esta manera se puede lograr la máxima producción de forraje disminuyendo las pérdidas del mismo por senescencia (Pearson et al., citados por Escuder, 1996).

Al aumentar la intensidad de pastoreo, tiene como consecuencia un aumento en la eficiencia de cosecha del forraje, esto resulta en una disminución en el IAF, disminuyendo la eficiencia de producción de forraje, a razón de la menor intercepción de luz (Smethan, 1981).

2.5.8 Efectos sobre el rebrote

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, 1956).

Posterior a un pastoreo, comienzan a expandirse las hojas, y como consecuencia se produce un rápido aumento en la tasa fotosintética, pero puede haber un retraso antes de que se dé un aumento en la tasa de senescencia foliar, lo que conlleva a una mayor duración del área foliar del rebrote (Hunt et al., citados por Parsons y Penning, 1988).

Según Blaser y Brown, citados por Langer (1981), luego de la defoliación, el rebrote depende de la interacción entre los carbohidratos de reserva en la planta y el área foliar del rastrojo residual.

Una característica importante de las semillas es su capacidad de movilizar reservas de carbohidratos desde el endosperma hacia los puntos de crecimiento, existiendo diferencias entre especies en la rapidez de movilización de reservas (Askin, 1994) que determinan diferencias en la velocidad de germinación; el raigrás anual es un claro ejemplo de esto, presenta mayor tasa de desdoblamiento del endosperma, comparativamente a otras gramíneas (Brock et al., 1982).

Luego de un corte, la primera hoja en expandirse, en primera instancia actúa de fosa de carbohidratos solubles y luego como fuente cuando se ha expandido completamente, suministrando a las siguientes hojas en expansión. Por ende, se concluye que el momento menos adecuado para llevar a cabo un pastoreo sería antes de la expansión completa de la primera hoja ya que se daría la primera etapa de consumo de las reservas, pero no habría una reposición posterior de las mismas (Fulkerson y Slack, 1995).

Si el IAF remanente permite a las plantas y a la pastura quedar en una situación de equilibrio fotosíntesis y respiración, el rebrote se iniciará sin problemas y sin la obligación de tener que recurrir a sustancias de reserva. Por lo tanto, según el remanente que se dejó luego del pastoreo, y la calidad del mismo las plantas tendrán que utilizar o no, sustancias de reservas de órganos subterráneos (Jaques, citado por Carámbula, 2004).

A su vez Carámbula (2004) afirma que, a igual área foliar remanente, debido a la disposición de sus hojas, las leguminosas pueden interceptar mayor radiación solar que las gramíneas, esto les confiere a las primeras, recuperarse más fácilmente. En cambio, entre las propias gramíneas, puede haber diferencias entre especies de porte erecto y postrado. En leguminosas de porte erecto el rebrote se da a partir de las yemas de la corona

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

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

Con intensidades de corte de 7 y 14 días (una a dos semanas), la defoliación es muy intensa y el tiempo muy corto, por lo tanto, no permite recuperar las reservas de azúcares en raíces y tallos, en consecuencia, hay menor rebrote por la escasa área foliar y menor fotosíntesis (Castro-Hernández et al., 2017).

2.5.9 Efectos sobre la morfología y estructura

Como consecuencia del pastoreo, la morfología de las plantas se ve alterada. El grado de alteración de las mismas depende fundamentalmente de la especie animal y la carga a la cual es sometida la pastura. Por otra parte, el efecto de la defoliación no es de gran relevancia 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).

Debido a una mayor disponibilidad de forraje en los estratos superiores, las gramíneas de porte erecto fueron las preferidas y defoliadas en mayor grado durante el pastoreo. Por otro lado, en especies postradas, no se encontraron diferencias a las distintas presiones de pastoreo debido a que las mismas se encuentran adaptadas a diferentes tipos de manejo. Para alta presión de pastoreo el 87% de la materia seca se encontró en estratos inferiores de la canópia, de 0 a 5 cm, mientras que para baja presión solo un 67% de la misma se encontraba en estratos inferiores (Avendaño et al., 1986).

Galli y Cangiano (1998) sostienen que la estructura de la pastura en el lugar donde el animal toma el bocado determina el peso y las dimensiones del mismo, afectando directamente la tasa de consumo, y esta a su vez modifica las características de las pasturas en el sitio del bocado. Por otra parte, si el efecto del pastoreo sobre la pastura depende de la frecuencia e intensidad de defoliación de macollos y tallos individuales, las dimensiones del bocado serán decisivas en la respuesta de la planta en el rebrote en función de las características, ya sea forma y disposición del remanente no pastoreado.

A razón de pastoreos intensos, la tasa de aparición de nudos y el crecimiento de las yemas axilares se reducen radicalmente, causando un aumento en la mortandad de plantas (Hay y Newton, citados por Olmos, 2004).

Chilibroste (1998) afirma que siempre que disminuye el peso del bocado, lo hace la tasa de consumo, pero con una menor magnitud, ya que la vaca puede aumentar la tasa de bocado, pero sin compensar la caída en el peso del bocado por el costo que representa el tiempo de aprehensión.

Mediante el uso más intenso y frecuente de las pasturas se genera un aumento en la tasa de macollaje, resultado de un cambio en el ambiente que rodea las plantas, afectando la cantidad y la calidad de la luz que llega a la base de las plantas favoreciendo la aparición de macollos (Voisin y Younger, citados por Brancato et al., 2004).

2.5.10 Efectos sobre la persistencia de la pastura

Sheath et al., citados por Carámbula (2004), definen a la persistencia como el mantenimiento de poblaciones adecuadas de plantas que sean capaces de cubrir demandas de producción de materia seca, particularmente en momentos desfavorables. Dicho efecto tiene mayor impacto en las especies anuales donde la época de realización y la severidad del pastoreo pueden afectar seriamente la resiembra y las condiciones de regeneración. Por esta razón, en algunas especies se debe promover los procesos de floración y fructificación, así como también el de regeneración para favorecer su persistencia productiva.

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

La falta de persistencia se debe a la desaparición de las especies perennes sembradas básicamente las leguminosas, mientras que en las gramíneas su población permanece poco variable, aunque reduciendo su aporte en rendimiento a medida que aumenta la edad de la pastura. La desaparición de las leguminosas ocasiona espacios que serán ocupados progresivamente por gramíneas ordinarias anuales (Carámbula, 2002).

Según lo dicho por Hay y Hunt (1989), si el pastoreo de los animales se lleva a cabo según lo recomendado para cada especie y circunstancia, este no causaría inconvenientes serios por sí mismo. En cambio, este trae consigo factores asociados que podrían ser los causantes de la degradación de pasturas. Estos efectos son la compactación que causan reducciones en los rendimientos y afecta de forma directa el crecimiento radicular y, por otra parte, la desagregación tiene como consecuencia la pérdida por erosión de los suelos (Carámbula, 2004).

Según Carámbula (2003), cualquier manejo de pastoreo que fomente bajas cantidades de reservas de carbohidratos solubles, llevará a poblaciones ralas y débiles. Esto se explica porque las reservas de carbohidratos de las plantas son las que determinan la sobrevivencia de estas a las bajas temperaturas invernales y las elevadas de fin de primavera.

Cuando una pastura se somete a un pastoreo intenso en el momento de máximo crecimiento de cualquier especie en la primavera, deprime a esta especie en relación con el resto de la pastura. Esto se relaciona a su vez, a la tolerancia de las especies al pastoreo y pisoteo (Smetham, 1981). A su vez, con lo que respecta al manejo del pastoreo, de acuerdo a Formoso, citado por Carámbula (2003), un manejo erróneo del mismo en

términos de frecuencia e intensidad provoca además de una disminución en la productividad anual, una disminución en la persistencia de la pastura.

El pastoreo interactúa de manera compleja con los factores ambientales dominantes y con las especies que integran la pastura. En condiciones de altas temperaturas y sequías, se debe tener precaución con el manejo para no perjudicar la persistencia de la pastura. Por otro lado, cuando las presiones ambientales son bajas y por ende se tiene aceptables condiciones ambientales para el crecimiento exitoso de las pasturas, se podrían realizar manejos de defoliaciones severos (Carámbula, 2004). Además, afirma que la etapa de rebrote debe ser respetada para lograr obtener una adecuada persistencia productiva, siempre y cuando la pastura esté compuesta por plantas con la capacidad de responder a defoliaciones periódicas.

2.5.11 Efectos del pastoreo en la calidad de la pastura

En pasturas jóvenes se espera que el crecimiento vegetativo presente alta digestibilidad, en cambio, cuando crecen hasta un estado de madurez cercano a la floración, la digestibilidad disminuye significativamente. Esto se podría deber a un aceleramiento de la lignificación de las paredes celulares, que en gramíneas se inicia alrededor del momento del alargamiento de los entrenudos y se hace máximo cuando las semillas están madurando (Smetham, 1981).

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

Dent y Aldrich (1968), destacan que, durante el período de floración se producirá gran acumulación de materia seca, pero con la consecuente pérdida de calidad. Por ende, si el forraje será destinado para los animales, hay que planear su uso e intentar cosechar una máxima cantidad de materia seca sin descuidar la calidad del forraje.

Es de suma importancia la elección del momento de realizar la cosecha del forraje, debido a que según el manejo de la pastura se lograrán distintos rendimientos y calidades del forraje. Es importante resaltar que las variaciones en los porcentajes de digestibilidad durante la etapa vegetativa no son significativas, en cambio, en las gramíneas por cada día que transcurre luego de la encañazon, la digestibilidad promedio disminuye 0.50, mientras que los aumentos en materia seca pueden alcanzar un promedio de 150 kg/ha/día (Dent y Aldrich, 1968).

Smetham (1981) indica que la edad de la pastura determina la variación en la composición de las plantas, dado por un cambio en la relación hoja/tallo. En sistema de cortes frecuente se produce forraje con mayores niveles de proteína, extracto etéreo, y menores niveles de fibra cruda, que los cortes menos frecuentes. Los pastoreos frecuentes permiten mantener la energía bruta de la pastura de manera constante a lo largo de la estación. Con relación a lo anteriormente mencionado, Smetham (1981) afirma que, con

manejos del pastoreo poco frecuente e intensos se pueden esperar mayores rendimientos, pero de menor calidad. En cambio, con pastoreos repetidos y aliviados ocurre lo contrario.

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

Gillet, citado por Carámbula (2004), asegura que, si bien la defoliación como tal reduce los rendimientos totales de materia seca, también produce un aumento en la calidad del forraje ya que ocurren aumentos en los porcentajes de proteína del mismo, esto se debe a la supresión de hojas maduras y la aparición de hojas nuevas.

Wade, citado por Escuder (1996), remarca que aumentando la carga animal en pasturas templadas ocurren mayores disminuciones en el consumo de forraje que en la calidad o valor nutritivo del mismo.

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

Smetham (1981), explica que, los cortes repetidos y aliviados, favorecen la calidad en detrimento de un menor rendimiento. Por otro lado, pastoreos poco frecuentes y severos, si bien promueven rendimientos mayores, poseen efectos negativos en la calidad.

En primavera es de suma importancia el manejo que se realice ya que es la estación en que generalmente se produce un superávit de forraje, lo cual conlleva a un desperdicio exagerado de este. En caso que se de dicha situación, el manejo ideal será concentrar el ganado en menos pasturas, es decir, aumentar la carga instantánea, contribuyendo además al mantenimiento de un forraje de mayor calidad hacia el verano (Carámbula, 2003). A su vez, Carámbula (2003), resalta como fundamental controlar la etapa reproductiva, impidiendo que se produzca la floración total de la pastura, por lo tanto, aumentar la dotación en el inicio de dicha etapa será considerado como una práctica efectiva para favorecer la reproducción vegetativa, así como también, mantener la calidad de la pastura.

2.5.12 Efecto del pastoreo sobre la performance animal

El consumo de forraje de los animales en condiciones de pastoreo está determinado por factores relacionados a factores intrínsecos a la pastura (especies, cantidad y calidad, digestibilidad, composición química), con el animal como ser (peso, nivel de producción, edad, condición corporal), el manejo (oferta de forraje,

suplementación, fertilización, sistema de pastoreo) y el ambiente (humedad, fotoperiodo, temperatura y velocidad del viento), entre otros (Cangiano et al., 1996).

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

El animal y la pastura son componentes que afectan el consumo. En relación al animal, de acuerdo a las distintas limitantes del consumo, intervienen distintos mecanismos. El mecanismo de bocados presenta un límite superior que es el número y peso de bocados. El mecanismo de distensión tiene como límite el llenado ruminal. Cuando este último es alcanzado, determina el consumo por el tiempo de retención. Por otra parte, el tiempo de retención depende de la tasa de digestión y de pasaje. El mecanismo metabólico asume un límite superior en el consumo de energía digestible, el que, cuando es alcanzado, determina el consumo por la concentración de energía digestible de la dieta (Cangiano et al., 1996).

En lo que respecta al forraje, la proporción y cantidad del alimento disponible para el consumo animal están determinadas por la relación hoja/tallo, altura, porcentaje de material muerto; etc. Dentro del forraje disponible, ante la presencia de animales en pastoreo, éstos preferentemente seleccionan una dieta compuesta de material verde, aún cuando la disponibilidad del tapiz sea baja (Hudson et al., 1977).

Desde mediados de invierno, y luego de las heladas, el porcentaje de materia seca se incrementa linealmente. Cabe aclarar, que durante el día el contenido de materia seca y el de CSA (carbohidratos solubles en agua) tiene variaciones, siendo mayor por la tarde y alcanzando un máximo al atardecer, asimismo disminuye la proteína bruta y no sufre casi alteraciones el contenido de fibra. Estos cambios en la composición del forraje pueden ser utilizados para implementar momentos de utilización de los verdeos de raigrás cuando este acumula más materia seca y CSA, producto de la fotosíntesis diurna. De esta manera, el pastoreo por la tarde de un verdeo de raigrás resulta en un incremento en el consumo de materia seca y como consecuencia un 10 % más de producción de leche y de proteína por animal y por día (Bertin y Camarasa, 2018).

En general a medida que la altura y/o la masa de forraje disponible para los animales disminuyen, el peso de cada bocado individual declina y puede ser compensado, dentro de ciertos límites, por un aumento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocado. Las posibilidades de compensación son limitadas ya que difícilmente los animales pueden superar tiempos de pastoreo de 10 a 11 horas/día ni aumentar la tasa de cosecha más allá de lo que le permite su anatomía bucal (Galli et al., 1996).

Mott, citado por Cardozo (1991) afirma que si en un determinado sistema se utilizan bajas cargas la producción por animal por lo general será más alta, consecuencia de la posibilidad que tienen los animales de seleccionar la dieta. A razón de dicho manejo, el forraje presente envejece disminuyendo la digestibilidad, en el mediano plazo, lo cual

repercute en una disminución de la materia orgánica digestible consumida por los animales.

Siguiendo con lo anterior, la producción por animal es alta, pero al ir aumentando sucesivamente la carga, a partir de un momento determinado, se genera una disminución en la ganancia individual. Esto se da a razón de que la disponibilidad de forraje comienza a limitar el consumo por animal e incrementa la actividad de pastoreo por unidad de forraje consumido. La producción por hectárea aumenta dentro de ciertos rangos ya que la tasa de incremento en la carga es mayor que la tasa de disminución en la producción por animal.

Según estudios realizados por Agustoni et al. (2008) sostienen que, cuando los animales se enfrentan a bajas asignaciones de forraje, tienen limitada la posibilidad de seleccionar la dieta, resultando en un mayor consumo de forraje de menor calidad, afectando así la producción individual. Eso es consecuencia de que cuando los animales son manejados a bajas asignaciones hacen una mayor cosecha del forraje, y a su vez, poseen mayores gastos energéticos en los procesos de cosecha, búsqueda y digestión del forraje consumido.

El consumo es un factor determinante en la producción animal. Éste está condicionado por características de la pastura, como también de los animales. El componente pastura puede ser expresado en términos de cantidad de forraje disponible, ya sea por animal o por hectárea, y en términos de carácter del mismo, incluyendo factores que afectan la calidad potencial y la forma de presentación del forraje al animal (Cangiano et al., 1996).

Chilibroste (1998) afirma que el turno de pastoreo del atardecer resulta ser el más importante. Este comportamiento podría deberse a varias razones, una de ellas es la necesidad evolutiva que han tenido los rumiantes para escapar de los predadores en la noche. Otra es la relación en la concentración hormonal melatonina-serotonina que también se relaciona con la vigilia de los animales y la composición de la pastura hacia la noche. Y como tercer aspecto se plantea como una respuesta debido a la mayor concentración de nutrientes en la pastura hacia el final del día.

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

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

2.6 PRODUCCIÓN ANIMAL

2.6.1 Generalidades de la producción animal

Basada en la utilización de pasturas, la producción animal es un proceso de conversión de energía solar, en energía de la materia vegetal, y la energía acumulada en los vegetales, transformada en los productos animales: carne, leche, lana y cueros (Mc Clymont, 1974).

Rovira (2008), destaca 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.

El consumo y la selectividad por parte de los animales tienen una importancia fundamental en la producción y eficiencia de los sistemas pastoriles (Hodgson, Poppi et al., citados por Montossi et al., 1996). Entre animales y pasturas existe una interacción que está determinada por el efecto de los animales en la utilización, composición, rebrote y persistencia de las pasturas bajo pastoreo, resultado de las características de las pasturas y la estructura de las mismas en el comportamiento, consumo y producción animal.

La performance animal está directamente relacionada con la calidad y la cantidad de forraje consumido, pero es modificado por la habilidad del rumiante en transformar esa materia seca en producto animal (Blazer et al., McMeekan y Walshe, citados por Montossi et al., 1996).

Según Mott, citado por Langer (1981) la principal variable de manejo que afecta el resultado físico y económico del sistema pastoril es la carga animal, así como también la persistencia de la pastura sembrada. En sistemas pastoriles, un sobrepastoreo puede causar reducciones en la tasa de crecimiento de las pasturas, como consecuencia del efecto nocivo de la intensidad del pastoreo sobre la morfogénesis y estructura de las plantas. Contrario a esto, una reducción en la carga genera mayor acumulación de restos secos que afectan negativamente la tasa de crecimiento de las pasturas (Lemaire y Chapman, 1996).

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 el número de animales resulta en un aumento en la producción de carne por hectárea, a razón de que los rumiantes utilizan en forma más eficientes la materia seca disponible si el consumo es algo limitado (Hutton, citado por Smethan, 1981).

Cuando el consumo animal se hace máximo, la eficiencia de conversión del forraje a carne se maximiza. Como resultado de esto, se genera una relación inversa entre la cosecha de forraje y la conversión a producto animal, dado que, si la conversión es muy alta, puede alterar el consumo por animal y por ende reducir significativamente las ganancias individuales (Escuder, 1996).

Según Rovira (2008), la producción de carne esta explicada por el eterno compromiso entre cantidad y calidad de forraje que enfrenta permanentemente el

productor al manejar la pastura. A su vez, las pasturas jóvenes a comienzos del estado vegetativo, poseen la máxima calidad, es decir máxima digestibilidad, pero rinden baja cantidad de materia seca. También, la pastura a medida que continúa su desarrollo va perdiendo calidad al bajar su digestibilidad y por ende baja el consumo animal, aunque el rendimiento en términos de materia seca es mayor. La solución está donde se cruzan las curvas de digestibilidad con el rendimiento de materia seca.

Por último, Nabinger (1996b) afirma que la producción primaria está constituida por la biomasa de las plantas presentes en el sistema, mientras que la producción animal representa la producción secundaria en un sistema pastoril. La producción primaria, es resultado de la acción del ambiente físico (ambiente y suelo) en el cual crecen las plantas. Por lo tanto, la productividad primaria de un ecosistema pastoril depende fundamentalmente de factores ambientales tales como calidad de la luz (radiación) para el proceso de fotosíntesis, agua disponible, temperatura y nutrientes.

2.6.2 Relación consumo – disponibilidad – pastura

La tasa de bocados, contabilizada como, cantidad de bocados por minuto, el tiempo de pastoreo, medido como, minutos por día, y el peso de bocado medido en gramos, determinan el comportamiento ingestivo. A su vez, este comportamiento es afectado por la selección de la dieta y la estructura de la pastura.

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 dicha gráfica, se puede distinguir una zona ascendente, donde la característica que limita el consumo es la capacidad de cosecha del animal (factores no nutricionales). Por otra parte, en la zona asintótica de la curva, los factores que empiezan a determinar el consumo son nutricionales, como el tiempo de retención en el rumen, la digestibilidad y la concentración de productos metabólicos, considerando la oferta de forraje como no limitante.

El peso de cada bocado se compone del volumen de forraje cosechado por el animal y la densidad del horizonte de pastoreo. El volumen cosechado en un bocado individual va a ser resultado de la profundidad de pastoreo (plano vertical) y del área que el animal es capaz de cubrir con la lengua (Galli et al., 1996). Por otro lado, afirman que, en general a medida que la altura y/o la masa de forraje disponible para los animales disminuyen, el peso de cada bocado individual declina y puede ser compensado, dentro de ciertos límites, por un aumento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocado.

Nabinger (1996b) afirma que, la calidad de lo consumido depende de la habilidad del animal de seleccionar las plantas y las partes de éstas con mayor valor nutritivo. A su vez, la habilidad de seleccionar, es función de la cantidad total de biomasa aérea verde disponible para cada animal.

Alteraciones en la estructura de la pastura y distribución relativa de los componentes de la canopía dentro de dicha pastura, afectan la selectividad animal.

Aumentos en el consumo con aumento en la masa de forraje se pueden explicar debido a mejoras en la facilidad de prehensión e ingestión del forraje o por mayor oportunidad de selección resultando en una mayor concentración de nutrientes en la dieta (Hodgson, 1982). La estructura de la composición botánica del canopeo puede ejecutar un efecto directo sobre el consumo, aparte de la influencia de la composición química y el contenido de nutrientes del forraje (Hodgson, 1990).

Hodgson, citado por Cangiano et al. (1996) sostiene que, la altura de la pastura es la característica que más influye en el peso del bocado, y éste es la variable del comportamiento ingestivo que tiene mayor efecto en el consumo. La descripción de la estructura de la pastura (altura, densidad, altura de las vainas) resulta imprescindible para comprender y cuantificar la ingestión de forraje por los animales en pastoreo. Actualmente se considera la altura del forraje disponible como la variable de la pastura más directamente asociada al tamaño de bocado y a las tasas de consumo instantáneo (Chilibroste, 1998).

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

2.6.3 Relación asignación de forraje – consumo

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

Uno de los factores más importantes que afectan el consumo en pasturas es la asignación de forraje (kg MS/100 kg PV) y es de los más ajustables cuando se pretende realizar un manejo de pastoreo (Hodgson, 1984). Según Cardozo, citado por Almada et al. (2003), la dotación juega un rol importante tanto en la utilización del forraje como en la vida productiva de la pastura.

Según Wales et al. (1998) los animales en general, seleccionan dietas con mayor cantidad de proteína cruda y menores niveles de fibra detergente neutro, cuando son manejados con altas asignaciones de forraje por animal, en relación a bajas asignaciones del mismo. Por otro lado, Dalley et al. (1999) concluyeron que, al manejar diferentes ofertas de forraje aparecen cambios en la calidad de lo consumido por el animal, ya que este posee una menor o mayor posibilidad de selección.

La producción animal depende principalmente de la estructura de la pastura y de la selección de la dieta, donde el consumo se verá afectado ante cambios en la cantidad de biomasa, oferta de forraje y altura, razón por la cual ante una mínima variación en cualquiera de éstas tendrá gran efecto, siempre y cuando los factores intrínsecos del animal no sean limitantes (Cangiano et al., 1996).

Cuando la pastura presenta hojas de alta calidad y tallos de menor valor nutritivo, cuando se presenta un sobrepastoreo, se puede alcanzar una mayor eficiencia de cosecha,

pero esto se alcanza imponiendo a los animales a consumir una mayor proporción de tallos en su dieta, lo cual puede llevar a afectar la producción individual.

Al aumentar la carga, la ganancia individual disminuye a causa de una menor selectividad del forraje y menor disponibilidad de MS por animal. Sin embargo, la producción por hectárea aumenta y la máxima productividad por hectárea se logra con ganancias de peso individuales menores a las que se logran a bajas cargas (Greenhalgh et al., 1966).

Según Allen (2014), define a la carga como el factor más importante en determinar el desempeño global de los sistemas pastoriles, incluyendo la productividad, sustentabilidad, y la composición de la vegetación.

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

Chacon y Stobbs, Hodgson, citados por Escuder (1996), determinaron en algunas especies que cuando la oferta de forraje disminuye y, principalmente, frente a un menor contenido de hojas, la respuesta de los animales fue aumentar la tasa de bocados junto a el tiempo de pastoreo, pero disminuyendo el peso de los mismos y el consumo, lo cual llevaría a una disminución en la producción.

Galli et al. (1996), concluyeron que, cuando hay exceso de forraje con respecto a la demanda animal y heterogeneidad en calidad o palatabilidad, los animales tienen oportunidad de seleccionar cosechando algunas áreas y rechazando otras. En consecuencia, en el tapiz se desarrollan manchones de alta cantidad y baja calidad, y manchones de baja cantidad y alta calidad, y el animal volverá a seleccionar los manchones ya pastoreados. Los manchones de alta cantidad serán subpastoreados. En este caso el comportamiento selectivo es por calidad de forraje, y tiende a acentuar el manchoneo (Galli et al., 1996).

Fogolino y Fernández (2009), trabajando con novillos Holando en una pradera perenne de primer año, obtuvieron ganancias del orden de 2,1 kg/a/d, cuando pastoreaban con una OF del 5,6 % del peso vivo. La producción de PV en este trabajo fue de 410 kg/ha. Éstas altas GMD pueden explicarse, debido a la alta eficiencia que es propia de la raza Holando, manejada con una oferta de forraje apropiada.

En un experimento, Jamieson y Hodgson (1979), concluyeron que reducciones en el consumo a bajas asignaciones de forraje resultan de un incremento en la dificultad de aprehensión e ingestión del forraje. A su vez, la tasa de consumo de materia seca aumenta hasta asignaciones de forraje de 10 kg MS/100 kg PV aproximadamente, por encima de este valor, no se aprecian aumentos en la tasa de consumo (Dougerthy, citado por Almada et al., 2007).

Se ha asociado la disminución de la ganancia individual por animal en ofertas de forraje por encima del óptimo con la disminución de la calidad del forraje, fruto de la baja

eficiencia de utilización de la pastura, la acumulación de material senescente y el aumento en la cobertura de matas. Por otro lado, se afirma que, la disminución del desempeño animal también puede ser fruto de una disminución del consumo, a medida que el forraje se torna cada vez más disperso en el espacio, entremezclado con materiales senescentes, lo que aumentaría el tiempo necesario de realización de cada bocado (Carvalho et al., 2000).

La respuesta en ganancia de PV por animal frente a variaciones en la presión de pastoreo ha sido descrita de dos formas: a) respuesta decreciente en ganancia de PV frente a nuevos incrementos en la presión de pastoreo (Mott, 1960); b) relaciones lineales, con disminuciones constantes frente a incrementos uniformes en la presión de pastoreo (Jones y Sandland, 1974).

Lombardo (s.f.), encontró que la calidad del forraje cosechado depende en gran parte de la posibilidad de seleccionar que tengan los animales. Esto quiere decir que cuando el animal dispone de más pasto está en condiciones de seleccionar lo que come, elige lo mejor (hojas y componentes vivos) y rechaza lo peor (tallos y material muerto). Cuanto mayor sea su posibilidad de elegir (mayor asignación de pasto), más pasto rechazará. En las pasturas utilizadas en los sistemas de producción, la mayor proporción de nutrientes se encuentra en el tercio superior del tapiz, es decir “los mejores Kg. están arriba”. Además de la selección vertical (según estrato) a la que se hizo referencia anteriormente, los animales seleccionan por especie, aún con altas cargas el ganado pastoreando pasturas mezclas, tienen preferencia por las leguminosas.

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

2.6.4 Proceso de consumo del animal en pastoreo

Nabinger (1996b) sostiene que, la calidad de lo consumido depende de la oportunidad del animal de seleccionar las plantas y las partes de estas con mayor valor nutritivo.

Existe una relación positiva entre, 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).

La variación en los contenidos de la dieta y las características de digestión de la fibra del forraje, trae como consecuencia que las dietas de los rumiantes varíen ampliamente en los efectos de llenado. La distensión ruminal es originada tanto por la masa como por el volumen de la digesta y la concentración inicial de humedad, así como la capacidad de retener agua de la digesta a lo largo del tiempo es probable que afecte la distensión ruminal, especialmente consumiendo alimentos con alta concentración de humedad como son las pasturas (Allen, 2014).

La tasa en que el animal puede conseguir su alimento durante la actividad de pastoreo, es función de la capacidad de prehensión y de la abundancia de comida. La relación entre la tasa de consumo y la abundancia de alimento está basada en una respuesta funcional. Esta es una relación entre tasa-estado, en que la variable estado es usualmente definida como la masa por unidad de área y la variable tasa como la masa ingerida por unidad de tiempo (Allen, 2014).

Los animales son capaces de aprender cuando y donde existe un forraje de alta calidad y disponibilidad, puede usar la memoria espacial y pueden adaptar los patrones de búsqueda del alimento para unirse con los patrones de distribución de la comida en el tiempo y el espacio (Laca, 2009).

El consumo de forraje es influenciado por tres grupos de factores principales, aquellos que afectan la digestión del forraje, relacionados con la madurez y con la concentración de nutrientes del forraje consumido; aquellos afectados por la ingestión, relacionados principalmente a la estructura física de la canopía de la pastura; y aquellos afectados por la demanda de nutrientes y la capacidad de consumo y digestión de los animales, reflejando en gran parte la madurez y nivel productivo de la pastura (Hodgson, 1990).

Provenza (1995) dice que, la selección de la dieta por parte de los rumiantes es un tema confuso. Por un lado, hay evidencia que los rumiantes pueden percibir directamente los componentes nutricionales en el alimento, y es difícil de aceptar que el gusto o no de cada alimento les permita seleccionar alimentos que son nutritivos y evitar aquellos que son tóxicos.

2.6.4.1 Peso del bocado

Un bocado puede definirse como "*el acto de arrancar una cantidad de pasto que llene la boca del animal, ignorando los movimientos de la quijada asociados inicialmente con la colocación del pasto en la boca y con la manipulación de este dentro de ella antes de tragarlo*" (Galli et al., 1996).

El peso de bocado es una de las determinantes de la capacidad de consumo diaria del animal, este está directamente relacionado a la altura del forraje. En consecuencia, de esto, cuando la altura de forraje es baja, el animal comienza a aumentar la tasa y tiempo de pastoreo como mecanismo de compensación. Esto se da hasta determinado punto, cuando la altura es muy baja, la compensación que el animal puede realizar no es suficiente por lo tanto comienza a disminuir el consumo diario.

"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, 1996).

Según Laca et al., Mayne et al., citados por Chilbroste (s.f.) en general, una relación curvilínea ha sido observada entre la altura de la pastura y el peso de bocado, con incrementos decrecientes en peso de bocado a medida que aumenta la altura de la pastura.

Esta relación que es funcionalmente estable está fuertemente influenciada en los valores absolutos por la densidad de la pastura.

Una alta selectividad de la dieta por calidad puede generar un decaimiento del consumo total si hay una reducción en el tamaño de bocado que determine una baja tasa de consumo (Galli et al., 1996). En ciertas circunstancias, la alta concentración de nutrientes seleccionados compensa la disminución del consumo (Hodgson, 1985), mientras que si la pastura pierde calidad rápidamente no existe una relación compensatoria entre peso de bocado y tasa de bocado (Arias et al., 1990).

Hodgson, citado por Cangiano et al. (1996) indica que, el peso de bocado es la variable del comportamiento ingestivo que tiene mayor efecto en el consumo, por otra parte, la altura de la pastura parece ser la característica que tiene mayor incidencia en el peso de bocado.

2.6.4.2 Tasa de bocado

Según Chilbroste (1998) se mide como la cantidad de bocados por unidad de tiempo, se tiene en cuenta para calcular la cantidad de materia seca que el animal puede cosechar y como ya se mencionó en el punto anterior, esta variable va a depender del peso del bocado y este de la altura de la pastura. Siendo la tasa de bocado un mecanismo compensatorio ante la baja altura del forraje disponible para el consumo animal (menor altura, mayor tasa).

En pasturas heterogéneas y/o hacia los períodos de fin de pastoreo, inclusive en pasturas de alto valor nutritivo, el ganado tiende a moverse más rápidamente para mantener su cabeza más alta y tomar simples bocados o grupos de bocados de paso. La tasa de bocados será más baja, probablemente no más de 30 a 40 bocados por minuto. En algunos casos los animales caminarán a propósito de un parche de forraje a otro, pero en otros casos parecen tener bocados intermitentes en el curso de un movimiento esencialmente al azar (Hodgson, 1990).

La tasa de bocados tiene un fin que está determinado por la morfología de las mandíbulas del animal. Probablemente el animal puede mover sus mandíbulas a una velocidad máxima. Por debajo de un cierto nivel máximo, la tasa de bocados está determinada por la interacción entre la masticación del animal y la estructura de la pradera. Por esta razón, la alteración en la tasa de bocados es una respuesta directa a variaciones en la pastura, más que a un intento del animal por compensar una variación en el peso del bocado (Galli et al., 1996).

2.6.5 Tiempo de pastoreo

Se define como la cantidad de horas del día, en el cual el animal esta efectivamente pastoreando.

Según Stuth (1991), el tiempo de pastoreo diario varía según la calidad del forraje, balance térmico y estabilidad a corto plazo del forraje disponible. Los animales disminuyen su tiempo diario de pastoreo cuando disminuye la digestibilidad del forraje

disponible y el tiempo de retención incrementa. Cuando las temperaturas del día son dentro de la zona termo neutra del ganado, la mayor parte del pastoreo (90%) es durante el día. En períodos de mucho calor el ganado reduce el pastoreo de la tarde e incrementa el de la noche.

Según Freer (1981), afirma que cuando la disponibilidad de forraje es muy baja, el tamaño de bocado es reducido, y esto resulta en que los animales se vean obligados a incrementar el tiempo de pastoreo. Dicho incremento en la actividad de pastoreo, provoca un mayor gasto de energía que se puede traducir en diferencias importantes de ganancia de peso, aun cuando el consumo de forraje sea igual y de similar digestibilidad (Sahlu et al., 1989).

Hay evidencia de que los animales pastorean conjuntamente al mismo tiempo, pero existe una diversificación entre patrones individuales de actividad de rumia. Dichos patrones característicos pueden ser alterados por actividades rutinarias como son el amamantamiento o el movimiento de animales a pasturas jóvenes y excepcionalmente por condiciones climáticas extremas (Hodgson, 1990). Un estrés calórico podría alterar el comportamiento animal significativamente, disminuyendo el tiempo de pastoreo y aumentando la rumia (Dougherty et al., 1992).

Hodgson (1990) determinó que existen entre 3 y 5 períodos de pastoreos diarios, el primero al amanecer, el segundo se da tarde en la mañana, el tercero al atardecer y un cuarto período de pastoreo durante las horas de la noche, siendo los más largos e intensos antes y después del anochecer. La actividad de rumia ocurre mayoritariamente durante la noche cuando el animal está descansando, pero prácticamente existen actividad de rumia después de cada período de pastoreo.

2.6.6 Efecto de la oferta de forraje sobre la performance animal y el comportamiento ingestivo

La cantidad de pastura consumida diariamente está determinada en función del tiempo de pastoreo y la tasa de consumo. Esta última es el producto de la tasa de bocado por el peso de bocado, siendo este último el de mayor importancia en determinar el consumo de pasto frente a las variaciones en tiempo de pastoreo o tasa de bocado. Particularmente cuando la pastura es alta se considera que es el componente del comportamiento ingestivo que mayor peso relativo tiene sobre el consumo final (Cangiano y Gómez, 1985).

Este método es importante porque ha servido para analizar la influencia de las características de la pastura sobre los componentes del comportamiento además de ser un estimador de consumo (Cangiano y Gómez, 1985). Tanto el peso como la tasa de bocado son afectados directamente por la estructura de la pastura, la accesibilidad de los componentes preferidos de la planta y la cantidad de forraje que puede circundar alrededor del bocado (Poppi et al., 1987).

Los animales tienden a concentrar la actividad de pastoreo sobre las capas superiores del tapiz que contienen mayormente hojas. Un aumento en la altura del mismo favorece la profundidad de bocado realizada ya que existen varios estratos de hojas en el perfil, favoreciendo la eficiencia en la actividad de pastoreo. Estas condiciones resultan en un incremento del volumen y peso del forraje por bocado, por lo tanto, existe una tendencia a mejorar el consumo en el primer crecimiento de una pastura frente al rebrote debido al hábito de crecimiento más erecto y mayor desarrollo (altura) del tapiz (Wade y Agnusdei, 2001).

El tamaño y la tasa de bocado son mayores al ingreso de una nueva franja, siendo más alta cuanto más restringido estuvo el animal. Cuando el pastoreo es intenso la tasa es de 1 o 2 bocados/segundo, lo que genera grandes consumos instantáneos de MS. Luego al ir disminuyendo la disponibilidad de la pastura, principalmente en altura, el peso de bocado disminuye y los factores de compensación actúan ante la inevitable caída del consumo. Los mecanismos de regulación empleados son, el aumento en la tasa de bocado y/o el incremento en el tiempo de pastoreo. Estos usualmente son insuficientes para mantener el consumo, ya que la tasa de bocado no se puede sostener sobre un forraje heterogéneo, siendo al final de un periodo de pastoreo probablemente de 3 o 4 bocados/minuto (Hodgson, 1990).

Como el consumo por bocado continúa disminuyendo pasará lo mismo con el tiempo de pastoreo hasta que las dificultades de cosecha sean tan importantes que el animal dejará de pastorear (Poppi et al., 1987). Un tiempo de pastoreo en exceso de 8-9 hs/día es un posible indicador de condiciones limitantes para la cosecha de forraje (Hodgson, 1990).

La preferencia y selección son un reflejo de la respuesta animal a las características físicas y químicas de hojas y tallos, por lo que el gusto y el olfato son probablemente los más importantes en determinar la preferencia entre los componentes del forraje, pero la visión y el tacto influyen en el acercamiento inicial y evaluación de los componentes (Hodgson, 1990).

La proporción relativa de hojas y tallos puede ser importante sobre los efectos del comportamiento selectivo en pastoreo. En estas circunstancias la discriminación entre hojas y tallos o entre tejido vivo y muerto, hacen que la digestibilidad de la dieta del animal pueda ser mayor a la digestibilidad del forraje disponible, ya sea por selección o porque el ganado simplemente come la capa superior de la pastura y es allí donde está la mayor digestibilidad del forraje. Esto aumentaría la concentración de nutrientes de la dieta y estaría explicando el incremento en el consumo de nutrientes. No obstante, el consumo por bocado, tasa de bocado y tasa de consumo tienden a bajar progresivamente con el aumento de la intensidad de selección, de este modo el pastoreo selectivo no necesariamente resulta en un nivel más alto de consumo de nutrientes (Hodgson, 1990).

2.6.7 Método de pastoreo

Según Kothmann, Savory, citados por Olson et al. (1989), pastoreos de corta duración tienen una característica muy marcada, y es el efecto postulado de la rápida rotación de la calidad de la dieta. Esta hipótesis admite a los animales maximizar la selectividad y el rebrote de las plantas durante el período de descanso, suministrando forraje joven y muy nutritivo para los sucesivos períodos de pastoreo. Los animales tienen una estrecha habilidad para conservar una alta selectividad de forraje de alta calidad, durante un corto período de tiempo bajo un sistema de corta duración del pastoreo (Olson et al., 1989).

Las chances de defoliación son mayores para dos hojas jóvenes en una macolla que, para cualquier hoja vieja, simplemente como consecuencia de su posición en el canopeo de la pastura (Hodgson, 1985).

A su vez, Hodgson (1985) sostiene que, cuando los animales están sometidos a un área limitada y pastorean por un corto período de tiempo, raramente hojas o macollas individuales serán completamente defoliadas por un único bocado; sino que la pastura es consumida en una serie de pasos por lo que las macollas serán pastoreadas en varias ocasiones en el curso del día.

Los novillos, debido a la reducción de la masticación, tienen la capacidad de aumentar la velocidad de consumo cuando el tiempo de pastoreo es restrictivo, en comparación a cuando tienen libre acceso al forraje. Entonces, se puede afirmar que no maximizan la tasa de consumo cuando tienen libre acceso al forraje. Con un pastoreo rotacional, se puede originar homogeneidad dentro de potreros y heterogeneidad entre potreros, en cambio, para pastoreo continuo podría ocurrir lo opuesto (Allen, 2014).

El período de descanso de la pastura, así como también la regularidad con la que se pastorea, son fundamentales, debido a que las ventajas del descanso no se llegarían a concretar si se pastorea durante el tiempo en que el estado fenológico de las plantas es incapaz de crecer o las condiciones ambientales son limitantes para el crecimiento. Dicho esto, ritmos oportunos de pastoreo y descanso basado en los patrones del clima dentro de la estación y en la fenología de especies de plantas puede tener efectos en la composición botánica y productividad de pasturas (Laca, 2009).

2.7 HIPÓTESIS

-Existen diferencias significativas en la producción de PV entre las distintas alternativas (tratamientos). Esto tendrá mayor efecto cuando se incorpora el *Trifolium pratense*.

-Se plantea que existen diferencias significativas en la producción de forraje entre los distintos tratamientos, así como también existen cambios en la composición botánica de la pastura.

-Existen cambios en la GMD como consecuencia de diferente estructura del disponible y remanente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se realizó en UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), la cual se encuentra ubicada en el departamento de Paysandú (Uruguay) dentro de las coordenadas 32°23'20''S 58°02'36''W.

El experimento se encuentra dentro del área de evaluación de riego en pasturas, representado en el espacio a través de la herramienta QGIS (ver Figura No. 3).

Dicho trabajo se realizó desde el 20 de abril de 2020 (cosecha de soja para sembrar el raigrás) hasta 27 de octubre de 2020 (último ciclo de pastoreo).

El experimento fue realizado sobre una variedad de *Lolium multiflorum* sembrado puro (cv. Montoro) y sobre una variedad de *Trifolium pratense* (cv. LE116) de segundo año en mezcla con *Lolium multiflorum* (cvs. Montoro y Ration).

3.1.2 Información meteorológica

El territorio uruguayo se encuentra en una zona templada, la temperatura promedio para todo el país se encuentra en el entorno a los 17 °C variando esta desde los 20°C a los 16°C. Las temperaturas promedio más altas se encuentran en los meses de enero y febrero, por otra parte, la más baja en los meses de junio y julio. Las lluvias totales medias anuales tienen su valor mínimo hacia el Sur sobre las costas del Río de la Plata con 1000 mm. y su valor máximo hacia el Noreste, en la frontera con Brasil con 1500 mm.

La humedad relativa media anual oscila entre el 70% y el 75% en todo el país; el mes más húmedo es julio, con una media de 80%, y el mes más seco es enero con una media de 65% (Udelar. Fcien, s.f.).

3.1.3 Descripción del sitio experimental

De acuerdo a la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976) escala 1:1.000.000 el 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.

Para el área de estudio, el tipo de suelo principal son Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos), con variaciones según su posición topográfica, criterio por el cual fue utilizado para la elaboración del diseño en bloques.

3.1.4 Antecedentes del área experimental, fecha de siembra y fertilización

El raigrás puro fue sembrado en el año en evaluación, tuvo como antecesor un cultivo de soja, cosechado el 20 de abril, dejando un periodo de barbecho de 37 días, realizando la siembra del mismo el 27 de mayo. En el caso de la pastura pura de raigrás sembrado, el cultivar utilizado es Montoro perteneciente a la empresa Procampo, con una densidad de 20 kg/ha y una fertilización a la siembra de 48 kg/ha de nitrógeno y 6 kg/ha de azufre, mediante la aplicación de 120 kg/ha de urea azufrada 40/0/0/5S.

En cuanto a las pasturas sembradas en mezcla, que provienen ya de un año de evaluación, fueron sembradas el 2 de abril de 2019. La densidad utilizada en estas mezclas fue de 10 kg/ha de *Lolium multiflorum* cultivar Montoro más 10 kg/ha de *Lolium multiflorum* cultivar Ration más 6 kg/ha de *Trifolium pratense* cultivar LE 116.

La fertilización realizada durante el periodo en estudio fue de 70 kg/ha de urea después de cada pastoreo para pasturas puras y en mezcla.

Luego del primer pastoreo y su aplicación de urea correspondiente se realizó un control de malezas con 2 productos: Preside (0,25-0,3 lt/ha) + Venceweed (1-1,5 lt/ha).

3.1.5 Tratamientos experimentales

Los tratamientos realizados están compuestos, por un lado, con la siembra del raigrás puro (cv. Montoro) y por otra parte, la mezcla de 2 cultivares de raigrás (cv. Montoro y cv. Ration) con *Trifolium pratense* (cv. Estanzuela 116) con el objetivo de extender el ciclo de pastoreo de la gramínea.

Puro 1 (B). *Lolium multiflorum* cv. Montoro.

Mezcla 1 (A). Mezcla de ambos *Lolium multiflorum* con *Trifolium pratense*.

Mezcla 2 (D). Mezcla de ambos *Lolium multiflorum* con *Trifolium pratense*.

Puro 2 (C). *Lolium multiflorum* cv. Montoro.

El presente experimento, se ubica dentro de un proyecto mayor, de largo plazo, que tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes tipos de pasturas, sobre la producción de carne y sobre la producción en grano de soja, teniendo en cuenta el antecesor. Dicho experimento se realiza durante un periodo de tiempo que va más allá del analizado, y que tiene por objetivo determinar el efecto de estos tratamientos sobre una rotación, evaluando, como se mencionó anteriormente, el resultado en las producciones de carne y grano.

Cabe destacar que lo que diferencia a los dos tratamientos puros, es el rendimiento y rastrojo del cultivo antecesor, es decir, que el año anterior se manejó diferente, tanto por el remanente de soja, como por el del raigrás. Para el caso de las mezclas, si bien, en este experimento no hay diferencia de los tratamientos, si va a haber en el futuro. Los tratamientos mezclas se diferenciaron en que, cuando terminó el periodo

de estudio, una mezcla se cortó y destinó a producción de soja para grano, y la otra se dejó para pastoreo.

Durante el experimento se realizaron 3 ciclos de pastoreo, los mismos se detallan en el Cuadro No. 2, con sus respectivas fechas de entrada y salida, y los correspondientes días en pastoreo de cada tratamiento.

Cuadro No. 2. Fechas de ingreso y salidas y los días de duración de cada ciclo

Ciclos de pastoreo	Fecha ingreso	Fecha salida	Días pastoreo puros	Días pastoreo mezcla
1	12/8/2020	24/8/2020	12	12
2	11/9/2020	24/9/2020	13	13
3	14/10/2020	26/10/2020	12	12

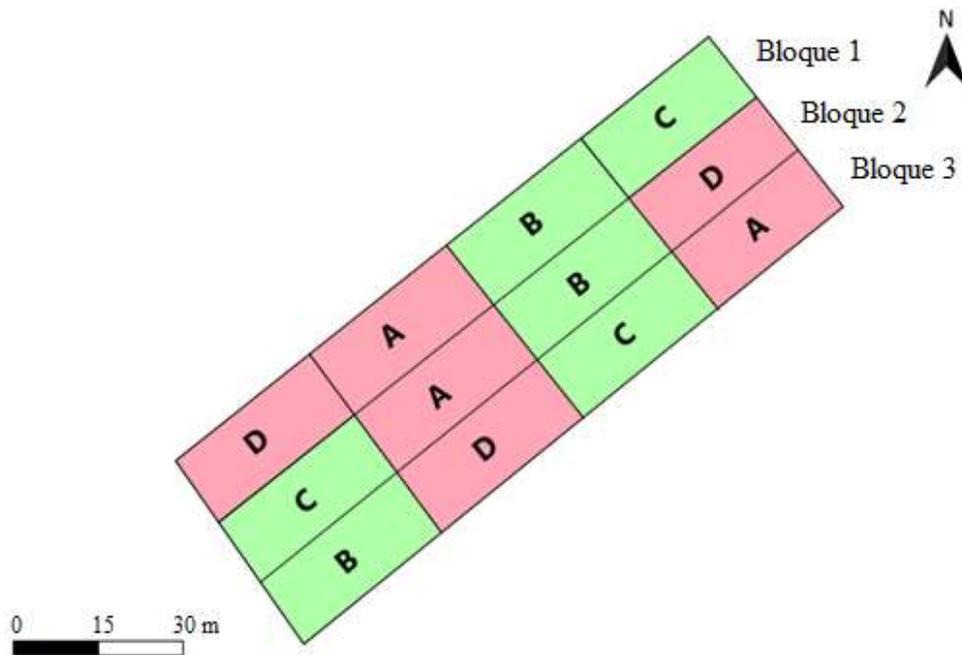
Se trabajó con 4 grupos de 3 animales de raza Holando correspondientes a cada tratamiento de aproximadamente 8 meses de edad, con peso promedio individual de 125 kg, los mismos fueron distribuidos de forma al azar en cada uno de los tratamientos. Antes de cada pesada animal se realizaba ayuno de 6-8 horas de duración. El criterio de entrada y salida de las parcelas era por altura de la pastura ingresando a la misma con 15 a 20 cm dependiendo de si era invierno o primavera respectivamente y saliendo con 7 o 5 cm. Se busca trabajar con una oferta de forraje de 6 % (kg MS/ 100 kg de peso vivo) y se pastorea en forma rotativa por bloque.

3.1.6 Diseño experimental

La superficie que abarcó cada parcela fue de 0,042 hectáreas, en un diseño experimental de Bloque Completos al Azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. El tamaño de cada tratamiento fue de 1260 m² (3 parcelas de 30x14).

En la Figura No. 3 se observa el diseño experimental donde se detallan los tres bloques y cada tratamiento, identificados con su número correspondiente.

Figura No. 3. Croquis del diseño experimental de la investigación



Referencias

- Mezcla 1 (A): 10 kg de Ration + 10 kg Montoro + 6 kg *Trifolium pratense*.
- Puro 1 (B): 20 kg/ha de *Lolium multiflorum* cv. Montoro.
- Puro 2 (C): 20 kg/ha de *Lolium multiflorum* cv. Montoro.
- Mezcla 2 (D): 10 kg de Ration + 10 kg Montoro + 6 kg *Trifolium pratense*.

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología utilizada durante el experimento realizado, en cuanto a la parte vegetal fue medir la producción de forraje de las pasturas sembradas, a través de mediciones de altura y peso seco de los mismos. Además de este objetivo también se tomaron medidas de % de gramíneas, % de leguminosas, % de suelo descubierto, % de malezas, determinando así su composición botánica. Y en cuanto a la parte animal, se realizaron pesadas de todos los terneros en cada ciclo de pastoreo, definiendo así la ganancia individual obtenida y por hectárea.

El tipo rotativo fue el método de pastoreo utilizado en el trabajo, en el cual los animales persisten por un lapso breve en parte del área disponible, y retornan a ella a intervalos determinados luego de haber pasado por los demás (Spedding y Holmes, citados por Giordani, 1973). Este método consiste en que luego del pastoreo, le admite a la pastura

un periodo de descanso lo suficientemente largo como para que las plantas recuperen sus reservas y puedan volver a rebrotar. En la práctica, el pastoreo rotativo consiste en subdividir un campo o potrero en varias parcelas que serán pastoreadas sistemáticamente de forma que mientras una parcela es pastoreada las demás descansan (Ortíz y Silva, 2006).

3.2.1 Mediciones de las principales variables

En este punto se hará una explicación de cada medición realizada pudiendo comprender su relación con el objetivo final.

3.2.1.1 Forraje disponible y remanente

Se define como forraje disponible al forraje obtenido en el campo en el momento de ingreso de los animales a pastoreo, expresado en kg/MS/ha. Luego del correspondiente pastoreo y salida de los animales, quedará una cantidad menor de forraje la cual no se utilizó y este es llamado remanente o no utilizada, expresada en kg/MS/ha.

Para la medición práctica de estas variables se utilizó la técnica descrita por Haydock y Shaw, citados por Hammeleers (1996) denominada: métodos para estimar el consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo. Modificando el ranking de escalas por alturas de la pastura, en el cual se utilizó una escala de 10 estratos mediante observación visual asignando el estrato número 1 a la parte de la parcela que había menor cantidad de forraje y el estrato número 10 a la parte de la parcela con mayor cantidad de forraje y así sucesivamente hasta poder completar todos los estratos de la escala. Dichos estratos fueron asignados por altura de forraje dentro del cuadrado en el cual se hizo un promedio de 3 alturas realizadas dentro del mismo. El procedimiento antes mencionado fue empleado para forraje disponible y remanente.

Cada uno de los 10 estratos se lo ubicaba y se los cortaba al ras del suelo con una trincheta, referenciados en un rectángulo de 50 cm x 20 cm, cada muestra se la identificaba con una altura en particular y su respectivo estrato. Luego eran llevados al laboratorio para realizar su peso fresco, para cuantificar la producción de materia seca, se ubicaban las muestras en estufas de circulación de aire forzadas a unos 60 °C durante 48 horas, luego se retiran y se determina el peso seco de la muestra. Para luego finalizar con la creación de una ecuación de regresión que determina cuantos kg/MS/ha existen por cada cm. de altura de la pastura, sustituyéndose la x del b de la ecuación, por la altura promedio.

Todo lo anteriormente mencionado se realiza luego de cada ciclo de pastoreo, ya que la estructura de la pastura va cambiando luego de cada ciclo de pastoreo. Cabe destacar que este procedimiento se realizó tanto para las mezclas de gramíneas con leguminosas como también para el caso de las gramíneas puras, debido a que son pasturas diferentes. Por lo tanto, se generaron 10 estratos para los tratamientos de puros y 10 para los tratamientos mezcla.

3.2.1.2 Altura de forraje disponible y remanente

Para llevar a cabo la medición de altura de forraje, en ambos casos lo que se hizo fue recorrer la parcela y aleatoriamente ubicar la regla y medir la altura del forraje en el sitio (punto de contacto de hoja verde vegetativa más alto), se realizaron 15 mediciones para cada tratamiento y para cada uno de los bloques a inicio y fin de pastoreo. Luego promediando estas 15 mediciones se calculaba la altura promedio de dicha parcela o tratamiento.

3.2.1.3 Producción de forraje

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

3.2.1.4 Materia seca desaparecida

Diferencia que existe entre el forraje disponible, ajustado por la tasa de crecimiento (multiplicado por los días de ocupación) y el forraje remanente, esto, indica una aproximación de la cantidad de materia seca consumida por los animales en pastoreo (Campbell, 1966).

3.2.1.5 Porcentaje de utilización

Se refiere a la proporción del forraje disponible, que está ubicado dentro del forraje desaparecido, se calcula mediante la relación entre el forraje desaparecido y el forraje disponible antes de iniciar el periodo de pastoreo. Se ajusta el disponible a través de la tasa de crecimiento y de los días de pastoreo.

3.2.1.6 Composición botánica

Indica la proporción que ocupa cada especie de gramínea, leguminosas y malezas dentro del cuadrado utilizado en el trabajo práctico, también se determinó el porcentaje de suelo descubierto existente. El mencionado parámetro fue calculado a través del método Brown (Tohill et al., 1978). por apreciación visual, también se realizaron 15 medidas en cada tratamiento o parcelas.

3.2.1.7 Peso animal

El peso de cada uno de los animales fue realizado de forma individual mediante el uso de una balanza electrónica experimental, la cual aumenta la precisión con que se determina el peso de los animales. El procedimiento realizado para pesar fue dejar en ayuno en un corral a los animales aproximadamente de 6 a 7 horas y luego de desbastados realizar el pesaje. Se pesaron los animales al comienzo y final de cada ciclo de pastoreo. Las pesadas fueron en las fechas 12/08 y 24/08 para el ciclo 1, 11/09 y 24/09 para el ciclo 2, y el 14/10 y 26/10 para el ciclo 3.

3.2.1.8 Ganancia de peso promedio diaria

Es la ganancia diaria por animal (g/día) promedio para el periodo de pastoreo y discriminado según el ciclo de pastoreo. Esta se calculó dividiendo la ganancia total durante el ciclo de pastoreo sobre los días de pastoreo, expresado en número de días.

3.2.1.9 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.

3.2.1.10 Producción de peso vivo

Es el peso vivo producido (expresado en Kg) por hectárea durante todo el periodo de pastoreo. Para calcularlo se dividieron 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.

3.3 HIPÓTESIS

3.3.1 Hipótesis biológica

- Ho: los diferentes tratamientos (gramíneas puras o en mezcla con leguminosas) no inciden sobre la producción secundaria.
- Ha: existe al menos un tratamiento que sí incide en la producción secundaria.

3.3.2 Hipótesis estadística

Ho: $T_1=T_2=T_3=T_4$

Ha: existe algún efecto relativo diferente de algún tratamiento.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de la varianza entre los dos tratamientos se llevó a cabo mediante el uso del paquete de análisis estadístico, InfoStat. En el caso de encontrar diferencias entre dichos tratamientos, las mismas se estudiaron mediante el análisis comparativo de medias de Tukey con una probabilidad del 10%. Para los casos donde no se observaron diferencias significativas mediante Tukey, se utilizaron contrastes ortogonales, comparando medias entre tratamientos mezcla vs. puros, y con el mismo criterio de probabilidad.

3.4.1 Modelo estadístico

El modelo utilizado para realizar el trabajo es un modelo lineal general.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \alpha_k + t_i \times \alpha_k + \xi_{ijk}$$

Siendo estas:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- t_i = es el efecto de la i-ésimo tratamiento, 1 2 3 4.

- B_j = es el efecto del j-ésimo bloque, 1 2 3.
- α_k = es el efecto del z-ésimo momento, 1 2 3.
- $t_i \times \alpha_k$ = es el efecto de la i-ésimo tratamiento en el z-ésimo momento
- ξ_{ijk} = es el error experimental.

Modelo de producción animal:

$$\checkmark Y_{ij} = \mu + covP_i + t_i + \xi_{ijk}$$

Siendo estas:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- $covP_i$ = covariable de peso inicial.
- t_i = efecto de i-ésimo tratamiento, 1 2 3 4.
- ξ_{ijk} = es el error experimental.

El modelo presenta los siguientes supuestos:

- El modelo es correcto y aditivo.
- Los errores experimentales son variables aleatorias, con distribución normal, media cero, varianza poblacional y son independientes.

A continuación, se presentan los contrastes ortogonales al efecto de los tratamientos.

¿Hay efectos según el tipo de pastura utilizada?

H_0 : no hay efectos en el tipo de pastura

H_a : si hay efectos en el tipo de pasturas

$$H_0: \tau_{puros} = \tau_{mezcla} \Leftrightarrow H_0: \tau_{puros} - \tau_{mezclas} = 0$$

$$H_a: \tau_{puros} \neq \tau_{mezclas} \Leftrightarrow H_0: \tau_{puros} - \tau_{mezclas} \neq 0$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

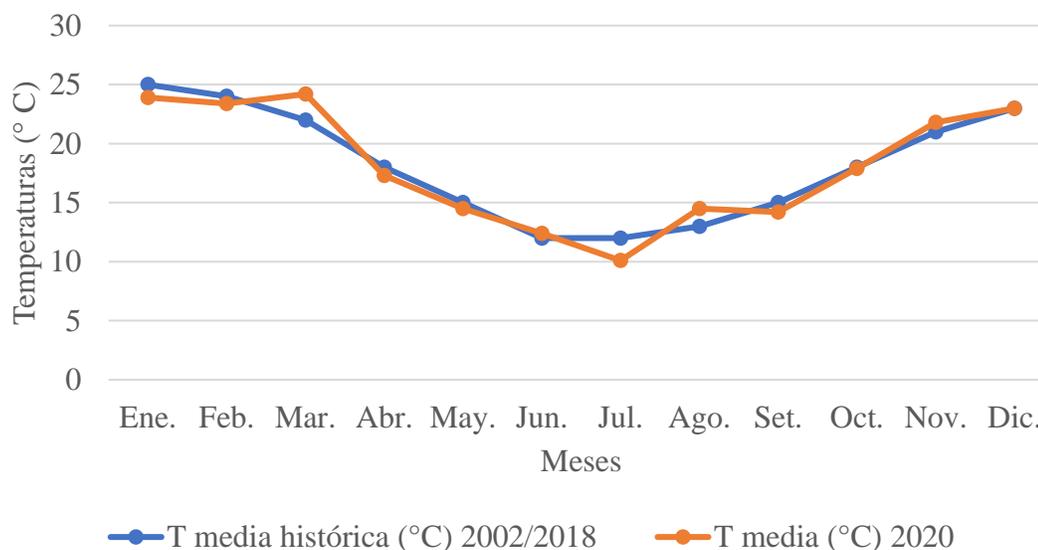
En esta parte se analizarán los resultados y se discutirá el porqué de estos resultados. Al realizarse el análisis estadístico se observó diferencias significativas en la producción media y acumulada de MS/ha entre tratamientos puros en relación a los tratamientos mezclas. Además, la composición botánica presentó diferencias entre los distintos tratamientos. Por otro lado, en la ganancia/animal/día, se encontraron diferencias numéricas entre los distintos tratamientos al igual que en la producción de carne/ha.

4.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

A continuación, se realiza una caracterización climática del período de estudio. Dicha caracterización está enfocada en el análisis de dos variables muy importantes que determinan la productividad de un sistema pastoril, el agua y la temperatura.

Se realizó la comparación de los datos de temperatura y precipitaciones de la Estación Experimental “Mario A. Cassinoni” durante el año de evaluación y la serie histórica 2002-2018 para la localidad de Paysandú. En primer término, se presentan las temperaturas del período de estudio conjuntamente con el promedio histórico como punto de comparación. Y luego, se muestra las precipitaciones promedio históricas y del año en evaluación.

Figura No. 4. Temperaturas promedio históricas y del año en evaluación



Fuente: elaborado en base a Fagro. EEMAC ¹

¹ FAGRO. EEMAC (Facultad de Agronomía. Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”, UY). 2020. Temperaturas promedio históricas y del año en evaluación: enero a diciembre del año 2020. s.p. (sin publicar)

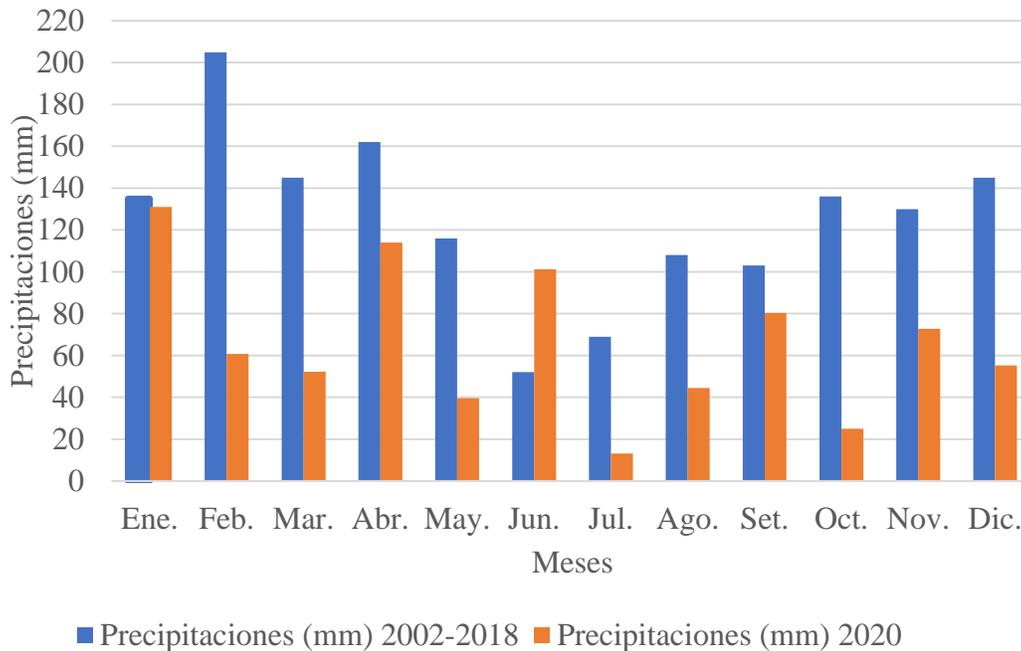
En cuanto a la temperatura del período a analizar, se puede observar que el promedio posee una tendencia similar al promedio de la serie histórica. Las temperaturas máximas y mínimas se dieron en los meses de marzo y julio, respectivamente.

Cabe aclarar que, según Carámbula (1977), el rango de temperatura óptima para las especies que se utilizaron en el experimento (metabolismo C3), es de 15 a 20 °C. Teniendo en cuenta las temperaturas promedio, no se observaron situaciones limitantes para el crecimiento y desarrollo de las especies sembradas. Colabelli et al. (1998), destacan a la temperatura, como el principal factor en el cual las plantas responden de forma instantánea. Aun así, al haber transcurrido durante un período con temperaturas adecuadas, no garantiza un buen crecimiento de las plantas, ya que también se debe considerar la disponibilidad de agua en el suelo, que será analizada a continuación.

Por otro lado, al sembrarse el raigrás fuera de la fecha óptima, las bajas temperaturas de julio del año del experimento respecto a la media histórica de dicho mes, perjudicaron el crecimiento en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. A su vez, este atraso genera que el ciclo del raigrás comience fuera del otoño temprano el cual se considera como fecha óptima según Carámbula (2007), desaprovechando de esta manera las temperaturas registradas de marzo y abril que fueron las ideales para la siembra de dicho cultivo.

Por su parte, Langer (1981), afirma que, siembras tempranas presentan una mejor implantación y mayor precocidad respecto a siembras tardías debido a que, en las primeras, se promueve una población elevada de plántulas vigorosas ya que se las expone a un mayor período de buenas temperaturas para su desarrollo.

Figura No. 5. Precipitaciones promedio históricas y del año en evaluación



Fuente: elaborado en base a Fagro. EEMAC ²

En relación a las precipitaciones, como se puede ver en la Figura No. 5, cuando se sembró el raigrás (mayo), se registraron 80 mm por debajo de la media histórica, esto pudo haber afectado la instalación de dicha gramínea. Pero lo que afectó directamente al crecimiento fue el agua disponible en el suelo al momento de la siembra e inicios de implantación. Por otro lado, se concluye que las precipitaciones registradas durante el experimento estuvieron siempre por debajo de la media histórica analizada, excepto en el mes de junio. Cabe destacar que según Carámbula (2002), la disponibilidad de volúmenes adecuados de agua en el suelo es determinante de la producción de forraje de una pastura. Estos volúmenes, dependen de factores climáticos y edáficos.

Pero, para llegar a una mejor aproximación de la disponibilidad hídrica en el suelo, se realizó un balance hídrico durante el período febrero – noviembre, mediante la metodología de Thornthwaite y Mather (1955). Este se realizó con el objetivo de determinar si ocurrieron deficiencias o excesos que hayan perjudicado el crecimiento de las especies implantadas. Para la realización del mismo se tuvieron en cuenta las

² FAGRO. EEMAC (Facultad de Agronomía. Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”, UY). 2020. Precipitaciones promedio históricas y del año en evaluación: enero a diciembre del año 2020. s.p. (sin publicar)

precipitaciones, la ETP y la capacidad de almacenaje del suelo. Se estimó una capacidad de almacenaje de agua disponible de 86 mm para el suelo del experimento.

Como se puede observar en el Anexo No. 1, en los meses previos al experimento (febrero y marzo) las precipitaciones no permitieron un almacenaje de agua en el suelo. A partir de marzo, si bien existieron meses en el que el balance hídrico fue negativo, el suelo contaba con agua disponible, sin embargo, a partir de agosto, nuevamente el suelo se queda sin agua, aunque se registraron 149 mm para el último trimestre analizado.

4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

4.2.1 Forraje disponible y remanente promedio del experimento

En el Cuadro No. 3 se presentan las medias en kg/ha de MS del disponible y el remanente discriminadas según cada tratamiento.

Cuadro No. 3. Disponible y remanente de los distintos tratamientos, y kg/ha de MS desaparecidos según tratamiento

Tratamiento	Disponible (kg/ha MS)	Remanente (kg/ha MS)	Desaparecido
Mezcla 1	2257 A	385 B	2108 A
Mezcla 2	2140 AB	345 B	2031 A
Puro 1	1864 BC	587 A	1454 B
Puro 2	1739 C	510 AB	1396 B

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

Al analizar el Cuadro No. 3, se puede concluir que el tratamiento mezcla 1 es significativamente mayor a los tratamientos puro 1 y 2, y numéricamente superior a la mezcla 2 para el disponible de MS. Esta diferencia pudo estar dada principalmente por las diferencias en las densidades de siembra en el primer año de las mezclas, donde en los tratamientos puros se sembró la misma cantidad de semillas, mientras que en los tratamientos mezcla se sembraron 6 kg más de semillas correspondiente a *Trifolium pratense*. Por lo tanto, como se mencionó en materiales y métodos, al ser el segundo año de evaluación, se podría afirmar que esto llevó a una mayor cantidad de semillas por resiembra natural, lo que pudo haber generado una mayor producción de forraje disponible. Además, al ser el segundo año de evaluación, la mezcla ya pasó por los procesos de imbibición e implantación, en cambio el raigrás afrontó dichos procesos en el año de evaluación. Y a su vez, el trébol rojo es más eficiente debido a una mayor exploración radicular, por ende, tiene menor competencia por agua y esto permite un mejor crecimiento.

Por otro lado, al analizar el remanente se puede afirmar que, si bien los días de pastoreo fueron similares, la diferencia se dio en que los animales tuvieron mayor selectividad y preferencia por las mezclas en relación a los puros, determinando así un mayor consumo de MS. Esto se debe a variables nutricionales del trébol rojo, el cual es más digestible, y también por, su disposición de folíolos y porte más erecto. Los animales

que pastorearon en mezclas presentaron un mayor consumo que el raigrás puro, mostrando una mayor apetecibilidad por el forraje y evitándose al mismo tiempo problemas nutricionales y fisiológicos como hipomagnesemia y toxicidad por nitratos, coincidiendo con lo dicho por Carámbula (1977). Esto se puede reafirmar analizando el Cuadro No. 3, en cual se observa que los kg MS desaparecida son significativamente mayor en los tratamientos mezcla en relación a los puros.

A su vez, se puede suponer que, al distribuirse los animales azarosamente, hayan coincidido los animales más pesados en los tratamientos mezclas y los más livianos en los tratamientos puros. Esto conlleva, por lo tanto, a que tengan un mayor consumo, dado que uno de los principales factores que lo afectan, es el peso vivo de los animales (NRC, 2001). Por lo tanto, se podría afirmar que hay una mayor carga en los tratamientos mezclas, reflejado en el Cuadro No. 3, en un mayor desaparecido, por ende, menor remanente. Es importante destacar que, el forraje desaparecido está determinado por el consumo de los animales, por las pérdidas por pisoteo y senescencia, y también, por la producción de forraje (Almada et al. 2007, Agustoni et al. 2008).

Teniendo en cuenta que se dejó un remanente similar en los tratamientos, y que el consumo animal no fue restringido en ninguno de los tres ciclos, las diferencias encontradas entre tratamientos se pueden atribuir a que las mezclas están implantadas del año anterior obteniendo una mayor producción inicial.

4.2.2 Altura del forraje disponible y remanente según tratamiento

Cuadro No. 4. Altura del forraje disponible y remanente según tratamiento

Tratamiento	Altura disponible (cm.)	Altura remanente (cm.)
Mezcla 1	16	7
Mezcla 2	15	6
Puro 1	18	7
Puro 2	17	6

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

Como se ve en el Cuadro No. 4, no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Pero si se encontraron diferencias significativas para la altura del disponible a través de los contrastes ortogonales, la media de los tratamientos puros fue 2,63 cm. mayor que la media de los tratamientos mezclas, con un p-valor de 0,0688. Para el caso de la altura del remanente, tampoco hubo diferencias significativas a través de los contrastes (p-valor: 0,8592).

4.2.3 Porcentaje de utilización

4.2.3.1 Porcentaje de utilización por tratamiento

Cuadro No. 5. Porcentaje de utilización por tratamiento

Tratamiento	Disponible (kg MS/ha)	Desaparecido (kg MS/ha)	% Utilización
Mezcla 1	2917	2108	72
Mezcla 2	2776	2031	73
Puro 1	2344	1454	62
Puro 2	2207	1391	63

La mayor utilización de los tratamientos mezcla en relación a los puros se debe a que, el trébol rojo presenta mayor digestibilidad, por el tipo de nerviación reticular, diferenciándola de las gramíneas que presentan nerviación paralela, aumentando el consumo por parte del animal.

Y otra razón por la cual se dieron dichos resultados, fue por la mayor preferencia y palatabilidad de las mezclas en relación a los puros.

4.2.3.2 Porcentaje de utilización por ciclo de pastoreo

Cuadro No. 6. Porcentaje de utilización por ciclo de pastoreo

Ciclo	Disponible (kg MS/ha)	Desaparecido (kg MS/ha)	% Utilización
1	2028	1690	62
2	2009	1774	65
3	1963	1777	78

La utilización fue mayor en el ciclo 3 debido a que, en el mismo, los animales eran más grandes y más pesados que cuando ingresaron en el 1 y 2. A su vez, dicho comportamiento se explica porque, en el ciclo 2 los animales consumieron el raigrás y quedó mayormente trébol rojo, es decir, dicha gramínea pasó a estado reproductivo y los animales consumieron el punto de crecimiento, disminuyendo así la presencia de la misma en el ciclo 3.

4.2.4 Producción de materia seca

En el Cuadro No. 7 se presentan las medias en Kg/ha MS de la producción y la acumulada, según el tratamiento y en el Cuadro No. 8 según el ciclo de pastoreo.

Cuadro No. 7. Producciones medias y acumuladas según tratamiento (Kg de MS promedio)

Tratamiento	Producciones medias	Producción acumulada
Mezcla 1	2493 A	7479 A

Mezcla 2	2376 A	7127 A
Puro 1	2041 B	6124 B
Puro 2	1906 B	5718 B

Como se observa en el Cuadro No. 7, se encontraron diferencias significativas en cuanto a la producción media de forraje entre los tratamientos mezclas en relación a los puros. La diferencia encontrada entre dichos tratamientos es la mayor producción de los tratamientos mezclas en relación a los puros. Esto se puede explicar ya que las mezclas son más eficientes en el uso de los recursos ambientales que sembrados individualmente concordando así con Jones et al., Rhodes, Harris y Lazemby, citados por Fariña y Saravia (2010). A su vez, la competencia entre ellos fue menor permitiendo buenas producciones de forraje a lo largo del año.

En relación a la producción acumulada, los tratamientos mezclas son significativamente mayor a los tratamientos puros. Esto es consecuencia de que el raigrás en las mezclas creció por resiembra natural, en un ambiente favorable, debido a la fijación de nitrógeno por la leguminosa presente en la mezcla. La gramínea como componente de la pastura permite explotar el nitrógeno fijado simbióticamente afirmando esto en lo dicho por Carámbula (2002). A su vez, la mayor producción acumulada de las mezclas se da debido a un menor IAF óptimo, en relación a los puros, esto se debe a la disposición de las hojas, siendo planófila y erectófila para el trébol rojo y raigrás respectivamente.

Por otro lado, el retraso de la fecha de siembra posterior al mes de abril debido a inconvenientes operativos, determinaron una disminución de 3000 kg MS/ha, comparando lo medido en el experimento con los datos de INIA e INASE (2016) expresados en el Cuadro No. 9 en el período otoño-invernal, lo que provocó una menor productividad anual, este comportamiento fue similar a lo explicado por Zanoniani (2010).

4.2.5 Forraje desaparecido

En cambio, no existió diferencia en producciones medias por cada ciclo de pastoreo, lo cual se observa en el Cuadro No. 8.

Cuadro No. 8. Producciones medias y desaparecido según ciclo de pastoreo (MS promedio)

Ciclo de pastoreo	Producciones medias de forraje	Desaparecido
3	2273	1777
2	2213	1774
1	2126	1690

Como se aprecia en Cuadro No. 8, al analizar la producción media de forraje, no se presentan diferencias significativas entre ciclos de pastoreo, esto se puede deber a que, al atrasarse la fecha de siembra, los tres ciclos de pastoreo se realizan en agosto, setiembre

y octubre respectivamente, presentando condiciones similares entre ciclos lo que explica que no haya diferencias significativas en producciones de forraje y en desaparecido entre ellos.

4.2.6 Producción de forraje acumulada

Por otra parte, la producción acumulada de los tratamientos puros fue comparada con la producción de los mismos cultivares de la evaluación nacional de cultivares INIA e INASE (2016) y con el primer año de evaluación (2019), la cual se observa en el Cuadro No. 9.

Cuadro No. 9. Producción acumulada INIA-INASE y producción acumulada promedio del experimento para el cultivar del utilizado en el año 2019 y 2020: Montoro

Cultivar	Producción INIA-INASE	Producción experimento 2019	Producción experimento
EXP MO 2016	8979	7457	5921

Al analizar el Cuadro No. 9, la producción del cultivar utilizado estuvo por debajo de la producción obtenida en INIA e INASE (2016), esto se podría explicar por los diferentes métodos de corte utilizados en ambas mediciones. El método utilizado por INIA-INASE, es realizado utilizando cortes con máquinas, y en la presente investigación se midió la producción de forraje bajo pastoreo, lo cual, en concordancia con la bibliografía consultada, Langer (1981), Carámbula (2004), trae consigo efectos del pastoreo, como por ejemplo efectos en la planta y en el sistema radicular, dentro de los cuales se destacan daños mecánicos por pisoteo a la planta lo cual produce mortandad, compactación del suelo, y menor velocidad de infiltración. Esto se acentúa cuando el pastoreo se da luego de una lluvia, a su vez produce un daño mecánico en la planta por la forma de comer del bovino, disminuyendo la producción de la misma. Todos estos efectos desaparecen en la medición de INIA e INASE (2016) debido al diferente método utilizado, pudiendo llevar a una mayor producción de forraje.

A su vez, al tener un atraso en la fecha de siembra en el experimento, se redujo el número de cortes y el largo del ciclo en relación a INIA-INASE. En este último fueron 7 cortes, mientras en el experimento solo se hicieron 3. A su vez, en el año de evaluación el largo del ciclo es de 5 meses, mientras que en la evaluación por parte de INIA-INASE, el ciclo es de 7 meses. Esto trae como consecuencia que el ciclo de la gramínea se acorte y disminuya la producción acumulada.

Otra variable que podría explicar la diferencia entre ambas producciones es la altura de corte para las mediciones. Mientras que en INIA-INASE se corta con una maquina dejando un remanente uniforme de 3 a 5 cm, en el presente trabajo los cortes se hicieron al "ras" con trincheta. Esto se ve reflejado en la estructura vertical de la pastura, en este experimento, al cortar más abajo, se corta un estrato con más peso, más cantidad de MS y como consecuencia, el AFR resultante será menor en comparación con el anteriormente mencionado.

Hay que tener en cuenta que INIA hace los ensayos en parcelas experimentales, donde las condiciones son "óptimas" para el crecimiento y desarrollo de la pastura, donde las mediciones podrían ser comparables con las del experimento, pero no extrapolables. Teniendo en cuenta esto, se utilizaron datos del experimento del 2019, primer año de evaluación del ensayo, en el cual las condiciones de corte y manejo fueron muy similares. Aquí es relevante mencionar que la principal diferencia entre ambos es el efecto año. En el año de estudio se registraron 568 mm desde febrero a octubre, mientras que en el primer año de evaluación durante dicho periodo se registraron 804 mm, esto define que las condiciones fueron contrastantes. Esta diferencia en precipitaciones pudo haber determinado la diferencia en producción entre los dos años de investigación.

En el Cuadro No. 10 se visualizan las producciones acumuladas del promedio de ambos tratamientos mezcla (raigrás + trébol rojo) para los dos años del experimento y las producciones presentadas por la serie técnica 80 para la mezcla avena, raigrás y trébol rojo.

Cuadro No. 10. Comparativa de producciones acumuladas

Producción acumulada estacional otoño-invierno-primavera (Kg/ha)	Producción acumulada promedio de las dos mezclas del 2019 (Kg/ha)	Producción acumulada promedio de las dos mezclas del ensayo (Kg/ha)
6100	8286	7303

Al comparar la producción del primer año del experimento (2019) con la del año en evaluación (2020), la menor producción de este último podría atribuirse al menor número de pastoreos, 5 vs. 3 respectivamente. A su vez, como fue explicado anteriormente, también podría atribuirse a las diferencias climáticas entre un año y otro, siendo más favorable el año 2019.

4.2.7 Composición botánica

A continuación, se presenta la composición botánica mediante un análisis de significancia. Esto fue medido tanto para el forraje disponible como para el remanente. Cuando se hace referencia a la composición botánica de la pastura se tienen en cuenta el % de gramíneas, % de leguminosas y % de malezas.

4.2.7.1 Composición botánica del forraje disponible

En los Cuadros No. 11, No. 12 y No. 13 se muestra la evolución de esta variable en porcentaje a lo largo de los tres ciclos de pastoreo para cada tratamiento para el forraje disponible.

Cuadro No. 11. Composición botánica en ciclo de pastoreo 1 medido en disponible

Tratamientos	Mezcla 1	Mezcla 2	Puro 1	Puro 2
% Leguminosas	84 AB	90 A	1 E	1 E

% Gramíneas	11 C	6 C	78 C	80 A
% Malezas	5	4	21	19

Cuadro No. 12. Composición botánica en ciclo de pastoreo 2 medido en disponible

Tratamientos	Mezcla 1	Mezcla 2	Puro 1	Puro 2
% Leguminosas	54 D	70 C	2 E	0 E
% Gramíneas	32 B	17 BC	89 A	87 A
% Malezas	14	13	9	13

Cuadro No. 13. Composición botánica en ciclo de pastoreo 3 medido en disponible

Tratamientos	Mezcla 1	Mezcla 2	Puro 1	Puro 2
% Leguminosas	61 CD	73 BC	1 E	0 E
% Gramíneas	22 BC	16 BC	90 A	94 A
% Malezas	17	11	9	6

Según Carámbula (2002), una mezcla ideal está compuesta entre un 60-70% del componente gramínea y entre un 20-30% de leguminosas. Al observar la composición de los tratamientos mezcla, las proporciones en el ciclo 1 presentan mayor porcentaje de leguminosa y menor de gramínea, en comparación con lo mencionado por el autor. Se podría suponer, que como es el segundo año de evaluación pudo haber pasado que la leguminosa al ser bianual presentara una mayor proporción que el raigrás, ya que este se generó por resiembra natural, esto determinó una superioridad de la leguminosa durante el primer ciclo de pastoreo.

Este comportamiento se mantuvo durante los 3 ciclos de pastoreo, pero comenzó a descender paulatinamente hacia el 2 y 3. Esta relación se podría explicar debido a que las gramíneas presentan mejor utilización de la fertilización con urea en el período invernal. Dicho esto, Carámbula (2007) indica que, la fertilización nitrogenada en las pasturas mezclas disminuye el aporte de las leguminosas, lo que podría estar explicando los resultados obtenidos. A su vez, el raigrás es C3 y posee un hábito de vida y ciclo de producción anual - invernal. De acuerdo a Carámbula (2002), las mayores tasas de macollaje, como también, la mayor producción de forraje de dicha especie, se concentra en el período invierno - primavera, ya que, durante este período, se ve promovida por el régimen de temperaturas. Por tanto, resulta esperable que aumente su contribución en la mezcla en el ciclo 2 y 3 en los cuatro tratamientos.

Por otro lado, como se puede ver en los Cuadros No. 11, No. 12 y No. 13, en los tratamientos puro 1 durante los tres ciclos, y puro 2 en el primer ciclo, se ve un pequeño porcentaje de leguminosas, esto se debe a que hay algunas plantas espontáneas de trébol rojo que aparecen en dichos tratamientos.

Para el caso de los tratamientos mezcla, se destaca del Cuadro No. 12 que, a medida que se avanza en el tiempo, la proporción del componente leguminosa va aumentando. Esto se explica porque la leguminosa presente en la mezcla es trébol rojo,

forrajera que, aun siendo de ciclo invernal, presenta aproximadamente el 70% de su producción total en el período primavera-estival (Langer, 1981).

Al analizar el componente malezas a través de los contrastes ortogonales, tampoco fue significativo, presentando un p-valor de 0,3578. Por otro lado, se puede ver que, en los tratamientos puros, dicho componente fue disminuyendo de un ciclo de pastoreo a otro, este comportamiento puede estar explicado por una buena competencia del raigrás frente a estas malezas, esto podría ser consecuencia de que se dejó un AFR que permitió la rápida recuperación y posteriormente un rápido desarrollo de la gramínea, cubriendo rápidamente el suelo y compitiendo con las malezas por agua, luz, nutrientes y por el espacio, basándose en lo dicho por Zanoniani (1999) y reafirmando lo dicho por Brougham (1956) que sostiene que, cuanto más eficiente sea la cantidad de área foliar remanente, menor será el periodo de retraso en la producción de forraje.

Por otro lado, como son malezas invernales, que van a pasar a estado reproductivo a lo largo del ciclo, comienzan a predominar las pérdidas por senescencia y pisoteo, no tanto por un mayor consumo animal de esta fracción, disminuyendo así su importancia en términos relativos.

En contraposición con los tratamientos puros, en las mezclas se puede ver que las malezas aumentaron porcentualmente del primer ciclo al segundo, con un aumento de 9 % para ambas mezclas. De esto se concluye que en el primer ciclo ambas mezclas compitieron mejor con las malezas, y esto permitió, obtener un tapiz vegetal con poca maleza y mucho forraje. Al analizar el ciclo 2, como se dijo anteriormente, se ve un aumento de las malezas, una disminución de las leguminosas y un aumento de las gramíneas. Este comportamiento pudo ser consecuencia de que, luego del pastoreo 1, la mezcla haya sido afectada negativamente por efecto animal, como puede ser el pisoteo, sumado a que, en el mes de agosto durante el primer ciclo, se registraron 40 mm, las lluvias y los animales dentro de la parcela pudieron haber dañado el tapiz vegetal, provocando así una lenta recuperación para el posterior ciclo de pastoreo. El ciclo 3 tuvo pequeñas variaciones en el porcentaje de malezas, esto podría ser consecuencia de que las malezas al ser invernales, como se dijo anteriormente, detienen su crecimiento lo cual resulta que los datos porcentuales sean similares del ciclo 2 al 3. A su vez, la fuerte competencia por luz entre los componentes de la mezcla, disminuyen la competencia por parte de las malezas. Es conocido el efecto negativo que poseen las malezas sobre el sistema, reduciendo la productividad y persistencia de las pasturas (Zanoniani, 2014).

Otra razón por la cual la fracción maleza comienza a aumentar porcentualmente en relación a los componentes de la mezcla es que, según lo citado por Carámbula (2002), las malezas se ven promovidas con el aumento de la fertilidad del suelo, ya sea por fertilización como por FBN. Podría considerarse que el trébol rojo aportó a la FBN, mientras que las fertilizaciones con urea aportaron al aumento de la fertilidad del suelo vía aplicación al voleo. Además, esta disminución de los componentes de la mezcla podría deberse, a la mayor selectividad de los animales sobre las especies sembradas, reduciendo aún más, su proporción en la mezcla, favoreciendo así el establecimiento de malezas.

Para observar las diferencias entre tratamientos, sin discriminar por ciclos, se hizo un promedio de la composición botánica el cual se puede ver en el Anexo No. 6.

4.2.7.2 Composición botánica del forraje remanente

En los Cuadros No. 14, No. 15 y No. 16, se muestra la evolución de esta variable en porcentaje a lo largo de los tres ciclos de pastoreo para cada tratamiento para el forraje remanente.

Cuadro No. 14. Composición botánica en ciclo de pastoreo 1 medido en remanente

Tratamientos	Mezcla 1	Mezcla 2	Puro 1	Puro 2
% Gramíneas	41 AB	27 B	84 AB	69 AB
% Leguminosas	28	28	7	5
% Malezas	31 AB	45 A	9 B	26 AB

Cuadro No. 15. Composición botánica en ciclo de pastoreo 2 medido en remanente

Tratamientos	Mezcla 1	Mezcla 2	Puro 1	Puro 2
% Gramíneas	34 AB	24 B	91 A	81 AB
% Leguminosas	47	63	0	0
% Malezas	19 AB	13 AB	9 B	19 AB

Cuadro No. 16. Composición botánica en ciclo de pastoreo 3 medido en remanente

Tratamientos	Mezcla 1	Mezcla 2	Puro 1	Puro 2
% Gramíneas	29 AB	23 B	93 A	87 AB
% Leguminosas	59	69	0	0
% Malezas	12 B	8 B	7 B	13 AB

Para el caso de % de leguminosas, como no se encontraron diferencias significativas a través de ANAVA, se hizo el contraste ortogonal para dicha variable, y fue significativo, 65 % mayor en las mezclas, con un p-valor de 0,0206.

Como era de esperarse, se parecía un comportamiento similar al descrito en el disponible, y a su vez, más acentuado, ya que numéricamente, incrementa aún más la relevancia de la fracción maleza en las mezclas durante el ciclo 1. A partir del ciclo 2 y en el ciclo 3, la proporción de malezas disminuye, esto podría ser atribuible al control realizado posterior al primer ciclo de pastoreo. Dicho comportamiento se repite para el caso de los tratamientos puros.

4.2.8 Suelo descubierto

A continuación, se presentan los datos de suelo desnudo, variable importante ya que aporta información de cuánto de la superficie no estuvo dedicada a la producción de forraje. El suelo descubierto está influenciado por la edad de la pastura y el pastoreo (intensidad y frecuencia). Dicha variable tiene marcada importancia debido a que posee efectos negativos tanto en la pastura, como en el suelo. En la primera, altos porcentajes de

suelo descubierto, podrían indicar una disminución del stand de plantas, dando lugar, a nichos para posible establecimiento de malezas, lo cual compromete la persistencia y productividad de la pastura. Y por el lado del suelo, presenta efectos negativos sobre el mismo, ya que aumenta la probabilidad tanto de erosión como de compactación.

Cuadro No. 17. Porcentaje de suelo descubierto según ciclo de pastoreo en disponible y remanente

Ciclo de pastoreo	% Suelo descubierto disponible	% Suelo descubierto remanente
3	11 A	28 A
2	8 A	26 A
1	3 B	14 B

Cuadro No. 18. Porcentaje de suelo descubierto en el disponible y remanente según tratamiento

Tratamiento	% Suelo descubierto disponible	% Suelo descubierto remanente
Mezcla 1	12	24
Puro 1	6	23
Mezcla 2	6	24
Puro 2	5	21

Como se puede observar en el Cuadro No. 18, el porcentaje de suelo descubierto no presentó diferencias significativas tanto por ANAVA como por contraste ortogonal. Para el caso de este último, el p-valor fue de 0,1539 y 0,4459 para el % de suelo descubierto en disponible y remanente respectivamente.

Por lo tanto, al analizar los Cuadros No. 17 y No. 18 se puede concluir que esta variable es agronómicamente mayor en el remanente entre tratamientos y, entre ciclos, como era de esperarse, ya que luego del pastoreo por parte del ganado se retira una proporción del forraje presente en el tapiz. Así mismo se puede ver que no existieron diferencias estadísticamente significativas para el disponible y remanente entre tratamientos, pero si hubo diferencias entre ciclos. El ciclo 1 es estadísticamente menor a los ciclos 2 y 3, esto se debe a que, desde la siembra hasta ese momento, no ingresaron animales a la parcela, por lo tanto, no hay pisoteo, no hay pastoreo y la pastura crece sin ninguna intervención. A su vez, durante los ciclos 2 y 3 se registró un déficit hídrico el cual afectó negativamente las especies sembradas, lo que determinó un importante porcentaje de suelo desnudo, nicho para el establecimiento de malezas.

Promedialmente, el suelo descubierto no superó un 30% ni entre ciclos de pastoreo, ni entre tratamientos, lo cual refleja un correcto manejo del pastoreo, donde no

se comprometen los componentes de la pastura, permitiendo una adecuada cobertura del suelo. Es importante remarcar, que, para el caso de la mezcla, la pastura corresponde a un final del segundo del año, por lo que sería esperable, que las especies sembradas empezarán a disminuir (Carámbula, 2002).

4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL

4.3.1 Producción de PV/ha y GMD/animal

En el Cuadro No. 19 se observan las distintas ganancias en Kg/ha de los diferentes tratamientos, así como también los promedios de PV al inicio y fin, y las ganancias medias diarias en cada tratamiento.

Cuadro No. 19. Producción, PV final e inicial en Kg, y ganancia media diario promedio según tratamiento

Tratamientos	PV inicial promedio de los 3 terneros	PV final promedio de los 3 terneros	Producción (Kg/ha)*	GMD promedio(kg)	EC
Puro 1	134	190	368	0,84	12
Puro 2	113	188	393	0,91	11
Mezcla 2	138	193	458	1,06	14
Mezcla 1	116	164	321	0,74	19

* ponderado por tiempo real de ocupación y espacio.

Como idea general se puede determinar qué, las diferencias observadas en peso vivo inicial, pueden ser explicadas debido a que los animales ya se encontraban bajo el efecto de los distintos tratamientos, sin conocer su origen, ya que son animales los cuales se desconoce su manejo y alimentación previa.

En cuanto a la producción, según Carámbula (2007), los kg/ha de PV en producción de carne sostiene que son de 336 kg/ha para raigrás puro y 453 kg/ha para la mezcla de raigrás con trébol rojo. Al analizar el Cuadro No. 19, se puede ver que los datos de producción de carne obtenidos en los tratamientos puros, superan a los encontrados por Carámbula (2007), con una diferencia de 32 kg/ha para el puro 1 y 57 kg/ha para el puro 2. Al comparar los tratamientos mezclas, la mezcla 2 coincide parcialmente con los datos bibliográficos, en cambio, la mezcla 1 está 132 kg/ha por debajo de dichos datos. Esto se puede explicar debido a que, al distribuirse azarosamente los animales, este tratamiento fue el que presentó una mayor variación de peso dentro del grupo de animales, y a su vez, fue el que presentó menor eficiencia de conversión.

En relación a las GMD, no presentó diferencias significativas ni en ANAVA, ni en contraste ortogonal. Para este último el p-valor fue de 0,8358. Numéricamente se puede concluir que son altas, esto se debe a que la categoría utilizada para el experimento, son animales eficientes en la deposición de músculo. Sumado a la alta asignación de forraje,

las pasturas ofrecidas presentaron alta proteína (14%) y alta digestibilidad ($\geq 70\%$), características fundamentales para obtener dichas ganancias. A su vez, resulta importante destacar, que de acuerdo a NRC (1981), el rango de temperaturas donde los animales se encuentran en confort térmico es entre 15 y 25 °C, por lo que, las temperaturas medias de este período de análisis se encontraron dentro del mismo, esto desencadenó que los animales no presenten grandes cambios metabólicos (estrés) y que los requerimientos se mantengan estables, permitiendo así alta ganancia media diaria.

La diferencia encontrada entre el tratamiento mezcla 1 con la mezcla 2 es que, en el primero, alguno de los animales del grupo disminuyó el promedio de GMD por alguna enfermedad o por algún otro problema (ruminal, rengueras, etc.). Esto resultó en una menor ganancia promedio del tratamiento.

Es importante destacar también que, a la buena calidad y producción del raigrás, se le suma el efecto de la leguminosa como el aporte de nitrógeno y su alto valor nutritivo, especialmente sus proteínas y minerales, además de esto el trébol rojo posee una alta digestibilidad y promueve una elevada ingestión voluntaria, conformando así una mezcla de gran valor nutritivo, sumando los beneficios de un año climáticamente favorable se obtuvieron altas ganancias en los animales.

Por otro lado, al comparar la GMD que se obtuvieron el año 2019 en relación a las del presente trabajo, no se obtuvieron diferencias entre dichos años para esta variable (ver Anexo No. 5). Cabe aclarar que en el 2019 uno de los tratamientos puros tenía otro cultivar sembrado (Ration).

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

4.3.1.1 Ganancia media diaria/animal según ciclo de pastoreo

En el Cuadro No. 20 se observan las distintas ganancias medias diarias de los diferentes ciclos de pastoreo.

Cuadro No. 20. Ganancia media diaria según ciclo de pastoreo

Ciclo	Días de pastoreo	GMD (Kg)
1	12	1,06
2	13	0,82
3	12	0,79

En el ciclo de pastoreo 1 fue donde se observaron las mayores GMD, esto puede explicarse debido al mayor forraje disponible a la entrada de pastoreo en este ciclo como se muestra en el Anexo No. 2. Como sostienen Cangiano et al. (1996), la relación entre CMS y cantidad de forraje se representa con una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo, por lo tanto, a mayor forraje disponible, el animal tiende a incrementar el consumo, debido a una mayor cosecha de forraje, lo que aumentaría el peso de bocado

disminuyendo el tiempo de pastoreo. A su vez, Saldanha et al. (2010) sostienen que a medida que aumenta la OF, aumenta el peso de los macollos por un incremento en el peso de láminas y vainas, llevando esto a una mayor GMD en el ciclo 1.

Con respecto al ciclo de pastoreo 2 y 3 la GMD fue inferior al ciclo 1, encontrándose diferencia entre ellos, siendo numéricamente superior en el 1, y no habiendo diferencias significativas entre ellos. Observando que los días de pastoreo fueron similares, la diferencia estaría dada principalmente porque el disponible en estos ciclos fue inferior en comparación al 1, pero de buena calidad, lográndose GMD aceptables. Otra razón que explica dichas diferencias, es que durante el ciclo 1 no se registraron precipitaciones abundantes que puedan haber afectado la estructura del suelo. En cambio, durante el ciclo 2 se registraron altas precipitaciones, de 80 mm, que en combinación con los animales pudieron dañar el tapiz vegetal a través del pisoteo. Esto a su vez, pudo haber afectado el ciclo 3 ya que el daño anteriormente mencionado, pudo ser de largo plazo.

Otra razón por la cual la GMD fue disminuyendo a lo largo de los ciclos es que el raigrás comienza a encañar y, por lo tanto, pierde calidad, afectando directamente la ganancia de los animales. Asimismo, como se mencionó anteriormente, la temperatura también influye en la calidad de la pastura. Los efectos de esta, en cuanto al valor nutritivo del forraje, son similares al efecto del avance de la madurez. Cabe destacar que, mezclas invernales como lo son la de trébol rojo y raigrás, con el aumento de la temperatura desciende su producción.

De acuerdo a Chilibroste (1998), el consumo explica en un 70% la productividad animal, siendo el resto explicada por factores nutricionales del alimento, los cuales, afectan la eficiencia con la que son digeridos y metabolizados los nutrientes consumidos. Sumado a esto, los animales son sometidos a cambios en la dieta, ya que ingresan a una pastura de 15 cm de muy buena calidad, y a medida que transcurren los tres ciclos de pastoreo, además de verse reducida la disponibilidad, también lo hace la calidad de forraje ofrecido.

5. CONCLUSIONES

En primer lugar, se cumplió la hipótesis de que existen diferencias en alguna de las variables analizadas entre los tratamientos. En cuanto a la producción de forraje acumulada, se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, siendo superior en los tratamientos mezclas debido a que al ser el segundo año no pasó por el proceso e implantación que, si tuvo lugar en los puros, y además a la mayor eficiencia en el uso de los recursos ambientales y una menor competencia entre los componentes de la misma.

La composición botánica fue variable a lo largo del experimento, tanto para el forraje disponible como remanente, los % de gramíneas y leguminosas no se encontraron dentro de los parámetros establecidos por bibliografía en ninguno de los tres ciclos, como era de esperarse, debido a la persistencia del raigrás perenne. Este comportamiento puede ser resultado de que las mezclas contienen una gramínea anual, por lo tanto, su presencia en el segundo año depende de la resiembra natural.

Por otro lado, al analizar la respuesta animal, y evaluando el parámetro GMD, no se encontraron diferencias significativas, la mezcla y el raigrás puro no presentaron diferencias en la GMD. Y, en cuanto a la GMD por ciclo de pastoreo, fue mayor en el ciclo 1, debido a un mayor forraje disponible (mayor consumo), a la madurez de la pastura, y al factor clima.

6. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de forraje y la composición botánica de pasturas en su segundo año de vida para el caso de las mezclas, y en el primer año para el caso de los tratamientos puros, durante el período invierno-primaveral. A su vez, se buscó evaluar la respuesta animal en los distintos tratamientos. Los dos tratamientos mezcla están compuestos por *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum*, mientras que los dos puros se componen de *Lolium multiflorum*, los cuales fueron sometidos a pastoreo con 3 terneros de la raza Holando por parcela. El experimento fue realizado en Udelar. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), Paysandú (Uruguay). El experimento se realizó, dentro del área de evaluación de pasturas bajo riego, el experimento abarcó el periodo desde el 27 de mayo hasta el 26 de octubre 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 en otoño y primavera, y con 15 cm en invierno, el criterio utilizado para el cambio de parcela fue entre los 5 y 7 cm de altura de la pastura. El objetivo del experimento fue la evaluación de la producción de un raigrás anual puro, y a su vez, este mismo en mezcla con *Trifolium pratense* y otro cultivar de *Lolium multiflorum*. Otro objetivo del trabajo era evaluar el efecto de las distintas alternativas forrajeras en la producción de carne, en peso vivo por hectárea y producción de carne individual como ganancia media diaria. Los tratamientos fueron los siguientes, raigrás puro, cultivar Montoro, y la mezcla de dicho raigrás con el cultivar Ration y con *Trifolium pratense* en su segundo año de vida, desde la siembra del mismo. Los terneros utilizados fueron de raza holando, con un peso promedio de 125 kg y con aproximadamente 8 meses de edad. Se evaluaron distintas variables, entre las cuales, en la producción de forraje acumulada, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, a favor de las mezclas, esto se explicó debido al mayor forraje disponible al momento de ingresar a la parcela, esto explicado por la mayor resiembra natural y por una producción media mayor. Por su parte, en relación a la cantidad de forraje remanente es menor en los tratamientos mezclas, debido a un mayor desaparecido en dichos tratamientos. En cuanto a la ganancia de peso vivo, no se encontraron diferencias significativas, pero si se encontraron diferencias numéricas, entre los tratamientos, al igual que entre los ciclos de pastoreo. Las ganancias medias diarias obtenidas fueron superiores en el ciclo 1, esto explicado por la mayor cantidad de forraje disponible al momento de entrar a pastorear y a su vez, por ausencia de condiciones climáticas adversas.

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

7. SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the forage production and the botanical composition of the grass in its second life year for mixtures, and, in the first year for pure treatment during winter-spring period. On the other hand, they looked for animal answers in different treatments. Both mixture treatments are made of *Trifolium pratense* and *Lolium multiflorum*, whereas the pure are made of *Lolium multiflorum*, which they were put to pasture with three Holland breed calves per piece of ground. The experiment was done in UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), Paysandú (Uruguay). In the evaluation area of low irrigation pasture. It was carried out since the 27th. May till 26th. October 2020. The experimental design was of complete blocks at random, with four treatments and three repetitions. The pasture method was rotating, with entry criteria to the piece of ground with 20 cms in Autumn and Spring, and with 15 cms in Winter. The criteria used for the piece of ground change was between the 5 and 7 cms height of the pasture. The aim of the experiment was the evaluation of the production of a pure annual raigras, and, at the same time, the same raigras mixed with *Trifolium pratense*, and another, cultivate from *Lolium multiflorum*. Another aim of this work was evaluate the effect of the different forage alternatives in the meat production, in liveweight per hectare and individual meat production in average daily profit. The treatments were pure raigras, cultivate Montoro and the mixture of this raigras with the cultivar Ration and with *Trifolium pratense* in its second life year, since its seedtime. The calves were Holland breed with an average weight of 125 kg and with approximately 8 months. They were evacuated different variations, among which, in the forage production, they were found significant differences between treatments, in favour of the mixtures. This was explained due to the more available forage at the moment to get into the piece of ground, this, explained due to the more natural sowing and for a higher media production. On the other hand, related to the forage amount remained is lower in mixture treatments due to a higher disappearance in these treatments. In relation to the live weight profit, no significant differences were found but, on the contrary, they were yes found numbered differences between treatments, the same as between other pasturage cycles. The average profits obtained were higher in cycle 1, this, explained because of the more amount of forage available at the moment they start to pasturage and, also for the lack of adverse climate conditions.

Key words: Assignation of fodder; Average daily gain; Fodder alternatives; Availability of fodder.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M.; Colabelli, M.; Mazzanti, A.; Lavreux, M. 1998. Fundamentos para el manejo de pastizales y pasturas cultivadas de la pampa húmeda bonaerense. INTA Balcarce. Boletín Técnico no.147. 16 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. Albano, E.; Álvarez, G.; Núñez, R. 2010. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la productividad estivo-otoñal de una pradera de primer año con agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.
4. Allen, M. S. 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science*. 54:1513-1524.
5. Allison, C. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management*. 38(4):305-311.
6. Almada, A.; Salle, M.; Vidart, D. 2003. Asignación de forraje y restricción del tiempo de pastoreo en primavera sobre vacas lecheras en praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 113 p.
7. Almada, S.; Palacios, M.; Villalba, S.; Zipitría, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y *Lotus corniculatus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p.
8. 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.
9. Arias, J. E.; Dougherty, C. T.; Bradley, N. W.; Cornelius, P. L.; Lauriault, L. M. 1990. Structure of tall fescue swards and intake of grazing cattle. *Agronomy Journal*. 82(3):545-548

10. Askin, D. 1994. Pasture Establishment. In: Langer, R. H. M. ed. Pastures their ecology and management. Auckland, Oxford, University of Oxford. pp. 132-156.
11. Avedaño, J. C.; Borel, R.; Cubillos, G. 1986. Periodo de descanso y asignación de forraje en la estructura y utilización de varias especies de una pradera naturalizada. Turrialba. 36(2):137-148.
12. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cetro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 038). Consultado 19 abr. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300810155513.pdf>
13. Bailey, D. W.; Gross, J. E.; Laca, E. A.; Rittenhouse, L. R.; Coughenour, M. B.; Swift, D. M.; Sims, P. L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. Journal of Range Management. 49(5):386-400.
14. Barthram, G. T.; Bolton, G. R.; Elston, D. A. 1999. The effects of cutting intensity and neighbour species on plants of *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa trivialis* and *Trifolium repens*. Agronomie. 19 (6):445-456.
15. Bertin, O.; Camarasa, J. 2018. Calidad del forraje de raigrás anual en la región pampeana. (en línea). Forrajeras. 10(36):51-53. Consultado 1 abr. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_calidad_del_forraje_de_raigras_anual_en_la_region_pampeana.pdf.
16. Borges Pérez, R. 2001. Descomposición de rastrojos de trigo, soja y maíz sobre suelo en secuencia de cultivos sembrados sin laboreo con y sin rotación de pasturas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 65 p.
17. 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.
18. Briske, D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. In: Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. eds. Grazing management: an ecological perspective. Portland, Oregon, Timber. pp. 85-108.

19. Brock, J.; Anderson, L.; Lancashire, J. 1982. Grasslands Roa' tall fescue: seedling growth and establishment. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 3(10):285-289.
20. Brougham, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7(5):377-387.
21. Browning, G.; Rusell, M.; Johnston, J. 1942. The relation of cultural treatment of corn and soybeans to moisture condition and soil structure. *Soil Science Society of America Proceedings*. 7:108-113
22. Camarasa, J. N.; Mattera, J.; Bertin, O. D. 2018. Calidad forrajera del raigrás anual. (en línea). *Producir XXI*. 25(316):s.p. Consultado 18 abr. 2021. Disponible en <https://www.producirxxi.com.ar/uncategorized/calidad-forrajera-del-raigras-anual/>
23. Campbell, A. 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.
24. Cangiano, C. A.; Gómez, P. O. 1985. Estimación del consumo de forraje mediante componentes del comportamiento ingestivo de novillos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 5 (9-10):573- 579.
25. _____.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. 1996. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
26. _____. 1997. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, La Borrosa. 145 p.
27. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 463 p.
28. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 36 p. (Serie Técnica no. 19).
29. _____. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
30. _____. 2003. Pasturas y forrajeras: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.

31. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
32. _____. 2007. Verdeos de invierno. Montevideo, Hemisferio Sur. 178 p.
33. _____. 2010. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forrajes. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
34. Cardozo, W. 1991. Utilización de pasturas por los bovinos destinados a la producción de carne. In: Utilización de pasturas. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 69-111.
35. Carvalho, P. C. F.; Poli, C. H. E. C.; Nabinger, C.; Moraes, A. 2000. Comportamento ingestivo de bovinos em pastejo e sua relação com a estrutura da pastagem. In: Ferraz, J. B. S. ed. Pecuaria 2000: a pecuária de corte no III milênio. Pirassununga, BR, s.e. pp. 1-22.
36. Castro-Hernández, H.; Domínguez-Vara, I. A.; Morales-Almaráz, E.; Huerta-Bravo, M. 2017. Composición química, contenido mineral y digestibilidad in vitro de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8(2):201-210. Consultado 28 abr. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4445>
37. Chapman, D.; Lemaire, G. 1993. Morfogenetic and structural determinants of plants regrowth after defoliation. In: Baker, M. J. ed. Grasslands for our world. Wellington, SIR. pp. 55-64.
38. Chilbroste, P. s.f. Integración de patrones de consumo y oferta de murientes para vacas lecheras en pastoreo durante el periodo otoño-invernal. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. s.p.
39. _____. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: predicción del consumo. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26^{as.}, 1998, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 1-7.
40. _____.; Ibarra, D.; Zibil, S.; Laborde, D. 2003. Proyecto alimentación – Reproducción conaprole 2002. Informe final. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 28 p.

41. _____.; Bruni, M.; Favre, E.; Mattiauda, D.; Soca, P. 2008. Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años: aportes desde la EEMAC. Cangüé. no. 30:36-44.
42. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Lavreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
43. Cullen, B. R.; Chapman, D. F.; Quigley, P. E. 2006. Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. *Grass and Forage Science*. 61(4):405-412.
44. 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.
45. Davidson, J. L.; Milthorpe, F. L. 1965. Carbohydrate reserves in the regrowth of cocksfoot (*Dactylis glomerata*). *Journal of the British Grassland Society*. 20:15-18.
46. Davies, A. 1988. The Regrowth of Grass Swards. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. *The grass crop: the physiological basis of production*. London, Chapman and Hall. pp. 85-127.
47. De la Vega, M. 2005. Criterios para la formulación de mezclas forrajeras. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado 10 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/53-mezclas_forrajeras.pdf
48. Dent, J. W.; Aldrich, D. T. A. 1968. Systematic testing of quality in grass varieties. 2. The effect of cutting dates, season and environment. *Grass and Forage Science*. 23(1):13-19.
49. Deregibus, V.; Casal, J.; Jacobo, E.; Gibson, D.; Kauffman, M.; Rodríguez, A., 1994. Evidence that heavy grazing may promote the germination of *Lolium multiflorum* seeds via phytochrome-mediated perception of high red/far-red ratios. *Functional Ecology*. 8 (4):536-542.
50. Donaghy, D. J.; Fulkerson, W. J. 1998. Priority for allocation of watersoluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. *Grass and Forage Science*. 53(3):211-218.

51. Dougherty, C. T.; Bradley, N. W.; Lauriault, L. M.; Arias, J. E.; Cornelius, P. L. 1992. Allowance-intake relations of cattle grazing vegetative tall fescue. *Grass and Forage Science*. 47(3):211-219.
52. Doran, J.; Power, J.; Wilhelm, W. 1986. Uptake of nitrogen from soil, fertilizer, and crop residues by no-till corn and soybean. *Soil Science Society of American Journal*. 50:137-141.
53. DSV (Deutsche Saatveredelung AG, AR). 2019. Montoro: ryegrass italiano (*Lolium multiflorum*). (en línea). s.l. 1 p. Consultado 3 may. 2021. Disponible en <https://www.dsv-semillas.com.ar/sorte/4474>
54. 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. 93 p.
55. Escuder, C. 1996. Manejo de la defoliación: efecto de la carga y método de pastoreo. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. *Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
56. Fariña, M. F.; Saravia, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
57. Fernández, G. 1996. Manejo de malezas. In: *Curso de Actualización Técnica (2º, 1996, Montevideo)*. Trabajos presentados. Montevideo, s.e. s.p.
58. Ferri, C.; Strizler, N. P.; Pagella, H. J. 2008. Tasa de aparición de hojas durante tres temporadas de crecimiento en *Panicum coloratum* L. cv. Verde. *Revista Argentina de Producción Animal*. 28 (sup. 3):193-200.
59. Foglino, F.; Fernández, J. 2009. Efecto del período de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de raigrás perenne, t. blanco, *Lotus corniculatus* y agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 68 p.
60. Formoso, F. A. 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).
61. Freer, M. 1981. The control of food intake by grazing animal. In: Morley, F. H. W. ed. *Grazing animals*. Amsterdam, Elsevier. pp. 105-124.

62. Fulkerson, W. J.; Slack, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science*. 50(1):16-20.
63. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. (en línea). *Revista Argentina de Producción Animal*. 16(2):119-142. Consultado 1 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf
64. _____.; _____. 1998. Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 18(3-4):247-261.
65. García, S. C.; Mazzanti, A. 1993. Fertilización nitrogenada en raigrás anual cv. "Grassland Tama". In: *Jornadas de Producción de Carne y Leche (49^{as.}, 1993, Tandil)*. Memorias. Tandil, CREA. Zona Mar y Sierras. pp. 1-9.
66. _____. 1996. Producción de forraje de pasturas cultivadas de la región litoral Sur. In: *Risso, D. F.; Berreta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 163-168 (Serie Técnica no. 80).
67. García-Favre, J.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. (en línea). *Agro Sur*. 45(1):3-10. Consultado 21 abr. 2021. Disponible en <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v45n1/art02.pdf>
68. Gastal, F.; Lemaire, G.; Lestienne, F. 2004. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilisation. In: *Simposio em Ecofisiologia das Pastagens e Ecologia do Pastejo (2º., 2004, Curitiba)*. Anais. Curitiba, UFPR. s.p.
69. Gillet, M.; Lemaire, G.; Gosse, G. 1981. Essai d'élaboration d'un schéma global de la croissance des graminées fourragères. *Agronomie*. 4 (sup.1):75-82.
70. Giordani, A. 1973. Métodos de aprovechamiento de pasturas. (en línea). *Revista CREA*. no. 8:1-21. Consultado 7 feb. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/26-aprovechamiento_pasturas.pdf

71. Grant, S. A.; Barthram, G. I.; Torvell, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium multiflorum* swards. *Grass and Forage Science*. 36(1):155-168.
72. Greenhalgh, J.; McDonald, P.; Edwards, R. 1966. *Animal nutrition*. Edinburgh, Oliver and Boyd. 407 p.
73. Hammeleers, A. 1994. Pasture as an ecosystem. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Pastures their ecology and management*. Auckland, University of Oxford. pp. 75-131.
74. _____. 1996. Métodos para estimar el consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo. (en línea). Potosí, s.e. pp. 151-178. Consultado 20 feb. 2021. Disponible en <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08db6ed915d3cfd001b94/R6606t.pdf>
75. Hay, R. J. M.; Hunt, W. F. 1989. Competition from associated species on white and red clover in grazed swards. *In*: Marten, G. C.; Matches, A. G.; Barnes, R. F.; Brougham, R. W.; Clements, R. J.; Sheath, G. W. eds. *Persistence of Forage Legumes*. Madison, WI, ASA/CSS/ASSS. pp. 311–326.
76. Haynes, R. J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Advances in Agronomy*. 33:227-261
77. Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. *In*: International Symposium on Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (1981, Queensland, AU). Proceedings. Slough, UK, Commonwealth Agricultural Bureaux. pp. 153-166.
78. _____. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production: in evaluation of research results. *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production*. 44:99-104.
79. _____. 1985. Grazing behavior and herbage intake. *In*: Frame, J. ed. *Grazing*. Hurley, The British Grassland Society. pp. 51-64 (Occasional Symposium no. 19).
80. _____. 1990. *Grazing management: science into practice*. New York, Longman. 203 p.

81. Hoffman, E.; Fonseca, F. 2000. Evolución de nutrientes en pasturas: seguimiento de nutrientes en suelo bajo pasturas de gramíneas y leguminosas. *Cangüé*. no. 18:2-4.
82. Hudson, R. J.; Richmond, R. J.; Christopherson, R. 1977. Comparison of forage intake and digestibility by american bison, yak and cattle. *Acta Theriologica*. 22 (9-19):225-230.
83. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). s.f. Estanzuela 116. (en línea). Montevideo. pp. 14-15. Consultado mar. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2016/PubForrajasPeriodo2016.pdf
84. _____; INASE (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Instituto Nacional de Semillas, UY). 2016. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo. 102 p. Consultado mar. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2015/PubForrajasPeriodo2015.pdf
85. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología. UY). 2020. Estadísticas climatológicas: tablas estadísticas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado mar. 2021. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
86. 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.
87. Jones, S. R.; Sandland, R. L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the selection from the results of grazing trails. *Journal of Agricultural Science*. 83 (2):335-342
88. Laca, E. A. 2009. New approaches and tools for grazing management. *Rangeland Ecology and Management*. 62(5):407-417.
89. 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. 47-76.

90. Lemaire, G.; Vaerlet – Grancher, G.; Gastal, F.; Durand, J. L. 1987. Ecophysiological approach to plant growth: consequences for breeding strategies for forage species in contrasting conditions and different managements. Lusignan, Station d'Ecophysiologie des Plantes Fourragères. 118 p.
91. _____.; Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In*: The Ecology and Management of Grazing Systems (40th., 1996, New York). Organic Reserves in tropical Grasses under Grazing. Wallingford, CAB International. pp. 3-35.
92. _____. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. *American Journal of Plant Sciences*. 6(9):29-37.
93. Lombardo, S. s.f. Asignación de forraje: ¿cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? (en línea). *Revista del Plan Agropecuario*. no. 143:32-35. Consultado 1 may. 2021. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R_143_32.pdf
94. Lus, J. 2010. Calidad y manejo de raigrás. (en línea). *Producir XXI* (Buenos Aires). 18(224):24-30. Consultado 4 may. 2021. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdes_invierno/73-manejo_raigras.pdf
95. 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.
96. Martino, D. 1994. *Agricultura sostenible y siembra directa*. Montevideo, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 50).
97. _____. 1997. *Siembra directa en los sistemas agrícolas ganaderos del litoral*. Montevideo, INIA. 28 p. (Serie Técnica no. 82).
98. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. *Anuario estadístico 2020 interactivo*. (en línea). Montevideo. 270 p. Consultado mar. 2021. Disponible en

99. Molinelli, P.; Odella, F.; 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 y tercer otoño de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 167 p.
100. Moliterno, E. 2000. Caracterización de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. *Agrociencia (Uruguay)*. 4 (1):31-49.
101. 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).
102. Morley, F. H. W. 1978. Animal production studies in grasslands. *In*: T Mantejel, L. ed. *Measurements of grassland vegetation and animal production*. London, Cambrian News. pp. 103-162.
103. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. *In*: *International Grassland Congress (8th., 1960, Oxford)*. Proceedings. Oxford, Alden. pp. 606–611.
104. Nabinger, C. 1996a. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilizacao de modelos como ferramenta da diagnóstico e indicação de necessidade de pesquisa. *In*: *Reunião Técnica del Grupo Campos (14^a., 1996, Porto Alegre, RS)*. *Trabalhos apresentados*. s.n.t. pp. 17-55.
105. _____. 1996b. Eficiencia do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. *In*: *Simposio sobre Manejo da Pastagem (14^o., 1997, Piracicaba)*. *Fundamentos do pastejo rotacionado*. Piracicaba, Brasil, ESALQ. pp. 213-251.
106. _____. 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. *In*: *Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3^o., 1998, Canoas, RS)*. *Anais*. Canoas, ULBRA. pp. 54-107.
107. Olmos, F. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco. Montevideo, Uruguay, INIA. 245 p. (Serie Técnica no. 145).

108. Olson, K. C.; Rouse, G. B.; Malechek, J. C. 1989. Cattle nutrition and grazing behavior during short-duration-grazing periods on crested wheatgrass range. *Journal of Range Management*. 42(2):153-158.
109. Ortíz, R.; Silva, S. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado. II) Pastoreo rotativo y en franja. (en línea). *Veterinaria*. 41(161-162):15-24. Consultado 22 mar. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/53-art_pastoreo3_completo.pdf
110. 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.
111. _____; Harvey, A.; Woledge, J. 1991. Plant-animal interactions in a continuously grazed mixture: differences in the physiology of leaf expansion and the fate of leaves of grass and clover. *Journal of Applied Ecology*. 28:619-634.
112. Parr, J. F.; Papendick, R. 1980. Factors affecting the decomposition of Crop Residues by Microorganisms. *In*: Oswald, W. R. ed. *Crop Residue Management Systems* Madison, WI, ASA. pp. 101-129.
113. Pearce, R. B.; Browing, R. H.; Blaser, R. E. 1965. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchard grass. *Crop Science*. 5:553-556.
114. Poppi, D. P.; Hughes, T. P.; L'Huillier, P. J. 1987. Intake of pastures by grazing ruminants. *In*: Nicol, A. M. ed. *Livestock feeding on pastures*. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional Publication no. 10).
115. Provenza, F. D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management*. 48(1):2-17.
116. Purvis, C. 1990. Differential response of wheat to retained crop stubbles. I. Effect of stubble type and degree of decomposition. *Australian Journal Agricultural Research*. 41:225-242.
117. Rodríguez, L. J. 1988. Las malezas y el agroecosistema. (en línea). Montevideo, s.e. 26 p. Consultado 28 feb. 2021. Disponible en

<http://www.pv.fagro.edu.uy/Malezas/Doc/LAS%20MALEZAS%20Y%20EL%20AGROECOSISTEMAS.pdf>

118. Rovira, P. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 36-51.
119. Sahlu, T. 1989. Influence of grazing pressure on energy cost of grazing by sheep on smooth brome grass. *Journal of Animal Science*. 67:2098-2105.
120. 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 2 mar. 2021. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482012000100018&script=sci_arttext&tlng=en#Saldanhaetal.2010
121. _____. 2020. Mezclas forrajeras. *In*: Curso de Pasturas 4°. año (2020, Salto). Presentaciones. Salto, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. EEFAS. 81 diapositivas.
122. Santiñaque, F.; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. *Investigaciones Agronómicas*. 2(1):16-21.
123. Sheath, G. W.; Hay, R. J. M.; Giles, K. H. 1987. Managing pastures for grazing animals. *In*: Nicol, A. M. ed. *Livestock feeding on pasture*. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 65-74 (Occasional publication no. 10).
124. 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.
125. Soca, P.; Castells, A.; Marchesi, C.; Do Carmo, M.; Chilibroste, P. 2006. Efecto de la carga sobre la producción de forraje y performance de vacunos en *Festuca arundinaceae* cv. Quantum. *In*: Congreso Argentino de Producción Animal (29°, 2006, Mar del Plata, Argentina). Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años. *Revista Argentina de Producción Animal*. 29(1):s.p.
126. Soto, P. 1996. Consideraciones para elegir una especie o mezcla forrajera. *In*: Ruiz, I. ed. *Praderas para Chile*. Santiago de Chile, Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). pp. 140-147.

127. Stuth, J. W. 1991. Foraging Behavior. *In*: Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. eds. Grazing: an ecological perspective. Portland, Timber. pp. 65-83.
128. Tothill, J.; Hargreaves, J.; Jones, R.; McDonald, C. 1978. Botanal – A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 1. Field Sampling. Tropical Agronomy Technical Memorandum. no. 8:1-21.
129. Turner, N. C.; Begg, J. E. 1978. Responses of pasture plant to water deficits. *In*: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 50-66
130. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 2020. Estación meteorológica: resumen climatológico del año actual. (en línea). Paysandú. s.p. Consultado 29 ene. 2021. Disponible en <https://ingbio.paap.cup.edu.uy/~estmet/NOAAPRYR.TXT>
131. Wade, M. H.; Agnusdei, M. 2001. Morfología y estructura de las especies forrajeras y su relación con el consumo. (en línea). Buenos Aires, INTA. 7 p. Consultado 10 abr. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/76-morfologia_y_estructura_de_forrajeras.pdf
132. Wales, W. J.; Doyle, P. T.; Dellow, D. W. 1998. Dry matter intake, nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances in summer and autumn. Australian Journal of Experimental Agriculture. 38(5):451-460.
133. Zanoniani, R. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. Cangüé. no. 15:13-17.
134. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Silveira, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. *In*: Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Grupo Campos (21^a. 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.
135. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. Agrociencia (Uruguay). 14(3):26-30.
136. _____. 2014. Productividad de pasturas sembradas pastoreadas con novillos holando. (en línea). *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (42^{as}. 2014, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 70-76. Consultado 21 abr. 2021. Disponible

en

https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/1982/JB2014_70-76.pdf?sequence=1&isAllowed=y

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Balance hídrico

Mes	Precipitaciones (mm)	Evapotranspiración (mm)	Balance	Almacenaje del suelo
Febrero	61	140	-79	0
Marzo	52	124	-71	0
Abril	114	92	22	22
Mayo	40	57	-18	5
Junio	101	39	63	68
Julio	13	44	-31	36
Agosto	44	82	-38	0
Setiembre	80	90	-10	0
Octubre	25	128	-103	0

Anexo No. 2. Oferta de forraje según ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	OF Kg MS/100 kg peso vivo
1	3,9 A
2	2,6 B
3	2,4 B

Anexo No. 3. Tasa de crecimiento por ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Tasa de crecimiento (kg MS/ha/d)
1	57 A
2	55 A
3	27 B

Anexo No. 4. Tasa de crecimiento por tratamiento

Tratamiento	Tc (kg MS/ha/d)
Mezcla 1	55 A
Mezcla 2	53 A
Puro 1	40 B
Puro 2	39 B

Anexo No. 5. Ganancias medias diarias por tratamiento según año de evaluación

Tratamiento	GMD (2019)	GMD (2020)
Puro 1	0,78 (Ration)	0,84
Puro 2	0,6	0,91
Mezcla 1	0,57	0,74
Mezcla 2	0,57	1,06

Anexo No. 6. Composición botánica según tratamiento

Tratamiento	% Gramíneas	% Leguminosas	% Malezas
Puro 1	85 A	1 C	14 A
Puro 2	87 A	0 C	13 A
Mezcla 1	22 B	66 B	12 A
Mezcla 2	13 B	78 A	9 A

Anexo No. 7. Significancia del efecto tratamiento, ciclo y su interacción en la composición botánica del forraje disponible y remanente

Variable	Efecto		
	Efecto tratamiento	ciclo	Efecto tratamiento*ciclo
% Gramínea disponible	*	*	n/s
Kg Gramínea disponible	*	*	n/s
% Leguminosa disponible	*	*	*
Kg Leguminosa disponible	*	*	*
% SD disponible	n/s	*	n/s
% SD remanente	n/s	*	*
% Malezas disponible	n/s	n/s	*
Kg Malezas disponible	n/s	n/s	*
% Malezas remanente	n/s	*	n/s
% Gramínea remanente	*	*	*
Kg Gramínea remanente	*	*	*
% Leguminosa remanente	*	n/s	*
Kg Leguminosa remanente	n/s	n/s	n/s
Kg Malezas remanente	n/s	*	*

n/s: no significativo;

*: significativo al 0,1

Anexo No. 8. Forraje disponible y remanente

Disponible

Variable N R² R² Aj CV
Disponible 36 0,77 0,33 14,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	3363771,14	23	146250,92	1,74	0,1591
Trat.	1553224,08	3	517741,36	12,37	0,0056
Blo.	155227,39	2	77613,69	0,93	0,4230
Trat.*blo.	251148,17	6	41858,03	0,50	0,7976
Ciclo	26418,72	2	13209,36	0,16	0,8560
Trat.*ciclo	426512,17	6	71085,36	0,85	0,5579
Blo.*ciclo	951240,61	4	237810,15	2,83	0,0723
Error	1006619,83	12	83884,99		
<u>Total</u>	<u>4370390,97</u>	<u>35</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=277,23066

Error: 41858,0278 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

A 2257,33 9 68,20 A

D 2139,89 9 68,20 A B

B 1864,00 9 68,20 B C

C 1738,67 9 68,20 C

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=267,87783

Error: 83884,9861 gl: 12

Ciclo Medias n E.E.

1 2027,58 12 83,61 A

3 2009,17 12 83,61 A

2 1963,17 12 83,61 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=833,71194

Error: 83884,9861 gl: 12

Trat. Ciclo Medias n E.E.

A 1 2479,67 3 167,22 A

A 3 2262,00 3 167,22 A

D 2 2257,33 3 167,22 A

D 1 2132,00 3 167,22 A

D 3 2030,33 3 167,22 A

A 2 2030,33 3 167,22 A
 B 3 1970,33 3 167,22 A
 B 1 1826,67 3 167,22 A
 B 2 1795,00 3 167,22 A
 C 3 1774,00 3 167,22 A
 C 2 1770,00 3 167,22 A
C 1 1672,00 3 167,22 A

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

Remanente

Variable N R² R² Aj CV
Remanente 36 0,89 0,67 20,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	841366,17	23	36581,14	4,15	0,0068
Trat.	336571,56	3	112190,52	7,18	0,0207
Blo.	10913,39	2	5456,69	0,62	0,5550
Trat.*blo.	93779,28	6	15629,88	1,77	0,1879
Ciclo	27282,39	2	13641,19	1,55	0,2526
Trat.*ciclo	356283,61	6	59380,60	6,73	0,0026
Blo.*ciclo	16535,94	4	4133,99	0,47	0,7579
Error	105854,06	12	8821,17		
<u>Total</u>	<u>947220,22</u>	<u>35</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=169,40635

Error: 15629,8796 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

B 586,78 9 41,67 A
 C 510,33 9 41,67 A B
 A 384,78 9 41,67 B
D 345,22 9 41,67 B

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=86,86759

Error: 8821,1713 gl: 12

Ciclo Medias n E.E.

3 495,67 12 27,11 A
 2 438,92 12 27,11 A
1 435,75 12 27,11 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=270,35663

Error: 8821,1713 gl: 12

Trat. Ciclo Medias n E.E.

B	3	681,67	3	54,23	A
B	2	670,00	3	54,23	A B
C	3	605,33	3	54,23	A B C
C	2	549,67	3	54,23	A B C D
D	1	493,67	3	54,23	A B C D
A	1	464,67	3	54,23	A B C D E
B	1	408,67	3	54,23	B C D E
C	1	376,00	3	54,23	C D E
A	3	359,33	3	54,23	C D E
D	3	336,33	3	54,23	C D E
A	2	330,33	3	54,23	D E
D	2	205,67	3	54,23	E

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

Anexo No. 9. Producción de forraje

Variable N R² R² Aj CV

MS prom. 36 0,69 0,09 14,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	843805,81	23	36687,21	1,16	0,4099
Trat.	175878,08	3	58626,03	3,57	0,0867
Blo.	21415,72	2	10707,86	0,34	0,7202
Trat.*blo.	98659,17	6	16443,19	0,52	0,7842
Ciclo	15914,89	2	7957,44	0,25	0,7823
Trat.*ciclo	250574,00	6	41762,33	1,32	0,3221
Blo.*ciclo	281363,94	4	70340,99	2,22	0,1285
Error	380928,50	12	31744,04		
Total	1224734,31	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=173,75806

Error: 16443,1944 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

A	1321,00	9	42,74	A
D	1242,44	9	42,74	A B
B	1225,33	9	42,74	A B
C	1124,67	9	42,74	B

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=164,78807

Error: 31744,0417 gl: 12

Ciclo Medias n E.E.

3 1252,25 12 51,43 A

1 1231,75 12 51,43 A

2 1201,08 12 51,43 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=512,86730

Error: 31744,0417 gl: 12

Trat. Ciclo Medias n E.E.

A 1 1472,33 3 102,87 A

B 3 1326,00 3 102,87 A

D 1 1313,00 3 102,87 A

A 3 1310,33 3 102,87 A

B 2 1232,67 3 102,87 A

D 2 1231,33 3 102,87 A

C 3 1189,67 3 102,87 A

D 3 1183,00 3 102,87 A

A 2 1180,33 3 102,87 A

C 2 1160,00 3 102,87 A

B 1 1117,33 3 102,87 A

C 1 1024,33 3 102,87 A

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

Anexo No. 10. Forraje desaparecido

Variable N R² R² Aj CV

Desaparecido 36 0,88 0,65 15,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	6362996,25	23	276652,01	3,78	0,0102
Trat.	3779728,31	3	1259909,44	21,39	0,0013
Blo.	373455,39	2	186727,69	2,55	0,1192
Trat.*blo.	353431,94	6	58905,32	0,81	0,5847
Ciclo	58770,39	2	29385,19	0,40	0,6778
Trat.*ciclo	665025,61	6	110837,60	1,52	0,2540
Blo.*ciclo	1132584,61	4	283146,15	3,87	0,0304
Error	877805,39	12	73150,45		
Total	7240801,64	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=328,87370

Error: 58905,3241 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

A 2108,11 9 80,90 A

D 2030,67 9 80,90 A

B 1454,44 9 80,90 B

C 1395,56 9 80,90 B

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=250,15153

Error: 73150,4491 gl: 12

Ciclo Medias n E.E.

3 1777,33 12 78,08 A

2 1774,17 12 78,08 A

1 1690,08 12 78,08 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=778,54263

Error: 73150,4491 gl: 12

Trat. ciclo Medias n E.E.

D 2 2345,33 3 156,15 A

A 3 2225,00 3 156,15 A B

A 1 2146,00 3 156,15 A B C

D 3 2001,67 3 156,15 A B C D

A 2 1953,33 3 156,15 A B C D

D 1 1745,00 3 156,15 A B C D

B 3 1514,00 3 156,15 B C D

B 1 1499,67 3 156,15 B C D

C 2 1448,33 3 156,15 B C D

C 1 1369,67 3 156,15 C D

C 3 1368,67 3 156,15 C D

B 2 1349,67 3 156,15 D

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

Anexo No. 11. Forraje producido

Variable N R² R² Aj CV

Producido 36 0,78 0,37 14,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	4498127,44	23	195570,76	1,89	0,1263
Trat.	2053372,78	3	684457,59	14,71	0,0036

Blo.	267003,72	2	133501,86	1,29	0,3108
Trat.*blo.	279149,39	6	46524,90	0,45	0,8320
Ciclo	131304,39	2	65652,19	0,63	0,5471
Trat.*ciclo	461459,39	6	76909,90	0,74	0,6258
Blo.*ciclo	1305837,78	4	326459,44	3,15	0,0547
Error	1241784,44	12	103482,04		
<u>Total</u>	<u>5739911,89</u>	<u>35</u>			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=292,27697

Error: 46524,8981 gl: 6

Trat. Medias n E.E.

A 2492,89 9 71,90 A

D 2375,56 9 71,90 A

B 2041,33 9 71,90 B

C 1906,00 9 71,90 B

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=297,52752

Error: 103482,0370 gl: 12

Ciclo Medias n E.E.

3 2272,92 12 92,86 A

2 2213,08 12 92,86 A

1 2125,83 12 92,86 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=925,99019

Error: 103482,0370 gl: 12

Trat. ciclo Medias n E.E.

A 1 2610,67 3 185,73 A

A 3 2584,33 3 185,73 A

D 2 2550,67 3 185,73 A

D 3 2337,67 3 185,73 A

A 2 2283,67 3 185,73 A

D 1 2238,33 3 185,73 A

B 3 2195,67 3 185,73 A

B 2 2020,00 3 185,73 A

C 2 1998,00 3 185,73 A

C 3 1974,00 3 185,73 A

B 1 1908,33 3 185,73 A

C 1 1746,00 3 185,73 A

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

Anexo No. 12. Oferta de forraje

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
OF	36	0,92	0,76	18,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38,46	23	1,67	5,80	0,0015
Trat.	3,95	3	1,32	8,18	0,0153
Blo.	2,59	2	1,30	4,50	0,0348
Trat.*blo.	0,97	6	0,16	0,56	0,7555
Ciclo	14,24	2	7,12	24,71	0,0001
Trat.*ciclo	2,58	6	0,43	1,49	0,2608
Blo.*ciclo	14,13	4	3,53	12,26	0,0003
Error	3,46	12	0,29		
Total	41,91	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,54346

Error: 0,1609 gl: 6

Trat Medias n E.E.

A	3,54	9	0,13	A
C	2,84	9	0,13	B
D	2,77	9	0,13	B
<u>B</u>	<u>2,74</u>	<u>9</u>	<u>0,13</u>	<u>B</u>

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,49645

Error: 0,2881 gl: 12

Ciclo Medias n E.E.

1	3,86	12	0,15	A
2	2,56	12	0,15	B
<u>3</u>	<u>2,49</u>	<u>12</u>	<u>0,15</u>	<u>B</u>

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,54510

Error: 0,2881 gl: 12

Trat. Ciclo Medias n E.E.

A	1	5,01	3	0,31	A
D	1	3,56	3	0,31	A B
C	1	3,55	3	0,31	A B
B	1	3,31	3	0,31	B
A	3	2,96	3	0,31	B
C	2	2,68	3	0,31	B

A	2	2,64	3	0,31	B
B	2	2,46	3	0,31	B
D	2	2,45	3	0,31	B
B	3	2,45	3	0,31	B
D	3	2,29	3	0,31	B
C	3	2,28	3	0,31	B

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

Anexo No. 13. Ganancia media diaria

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GDM	36	0,74	0,40	36,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	4,59	20	0,23	2,16	0,0658	
Trat.		0,50	3	0,17	1,56	0,2394
Cara	2,61	8	0,33	3,07	0,0291	
Mome.	0,88	2	0,44	4,16	0,0365	
Pv. inicial	3,2E-03	1	3,2E-03	0,03	0,8636	
Trat.*mome.	0,60	6	0,10	0,95	0,4926	
Error	1,59	15	0,11			
Total	6,18	35				

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,38432

Error: 0,1061 gl: 15

Trat.	Medias	n	E.E.	
D	1,08	9	0,15	A
C	0,90	9	0,13	A
B	0,86	9	0,13	A
A	0,72	9	0,15	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,29520

Error: 0,1061 gl: 15

Mome.	Medias	n	E.E.	
1	1,06	12	0,21	A
3	0,82	12	0,17	A
2	0,79	12	0,12	A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,91029

Error: 0,1061 gl: 15

<u>Trat.</u>	<u>Mome.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
D	1	1,45	3	0,23	A
C	1	1,14	3	0,34	A
D	3	0,99	3	0,28	A
B	2	0,98	3	0,23	A
C	3	0,90	3	0,26	A
B	1	0,90	3	0,25	A
D	2	0,81	3	0,26	A
A	1	0,77	3	0,33	A
A	2	0,70	3	0,21	A
A	3	0,69	3	0,21	A
B	3	0,69	3	0,28	A
C	2	0,66	3	0,21	A

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