

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE LA GESTIÓN DEL PASTO, EFECTO DEL
MÉTODO DE PASTOREO Y LA OFERTA DE FORRAJE A CAMPO
NATURAL**

por

**Marcelo Ezequiel HERNÁNDEZ BERNASCHINA
Juan Andrés PISTÓN CASTRO**

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2024**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás

Co-Director/a:

Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

Tribunal:

Ing. Agr. (PhD.) Laura Astigarraga

Ing. Agr. (PhD.) Nicolas Caram

Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

Fecha:

09 de diciembre de 2024

Estudiante:

Marcelo Ezequiel Hernández Bernaschina

Juan Andrés Pistón Castro

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás Mouriño e Ing. Agr. (PhD.) Pablo Boggiano Otón, por el tiempo dedicado y los conocimientos compartidos.

A los Ing. Agr. Emiliano Caravia e Ing. Agr. Mercedes Verdaguer, por la ayuda brindada durante el desarrollo de este trabajo.

A Nahuel Acosta, por el apoyo durante todas las etapas de la carrera.

A nuestras familias, por apoyarnos incondicionalmente.

A nuestros amigos y compañeros de generación, por todos los gratos momentos compartidos.

A Camila, por su apoyo durante el último tramo de la carrera y durante todo el proceso del trabajo final de grado.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	7
RESUMEN.....	11
SUMMARY	13
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. OBJETIVOS.....	16
1.1.1. Objetivo general.....	16
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. DEFINICIÓN DE CAMPO NATURAL.....	17
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CAMPO NATURAL	18
2.3. EFECTOS DEL PASTOREO	20
2.4. EFECTOS DE LA OFERTA DE FORRAJE.....	22
2.4.1. En la producción primaria	22
2.4.2. En la composición florística del campo natural.....	26
2.4.3. En la producción animal.....	29
2.5. MÉTODOS DE PASTOREO.....	33
2.5.1. En la producción primaria	33
2.5.2. En la composición florística del tapiz natural.....	36
2.5.3. En la producción animal.....	39
2.6. EFECTOS DEL MANEJO SOBRE LA CALIDAD DE LAS PASTURAS NATURALES	42
3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA	45
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
4.1. Condiciones experimentales generales	46
4.1.1. Ubicación espacio-temporal del experimento.....	46
4.1.2. Suelos del sitio experimental	46
4.1.3. Clasificación de las zonas topográficas-edáficas evaluadas.....	47
4.1.4. Diseño experimental y descripción de tratamientos.....	48
4.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	50
4.2.1. Períodos de muestreo.....	50
4.2.2. Caracterización de la pastura	50

4.2.2.1. Altura de la pastura.....	50
4.2.2.2. Materia seca presente.....	51
4.2.2.3. Materia seca acumulada y tasa de crecimiento.....	52
4.2.2.4. Disponible de materia seca.....	53
4.2.2.5. Utilización de la pastura.....	53
4.2.2.6. Composición botánica.....	53
4.2.3. Determinación de la Oferta de forraje.....	53
4.2.4. Caracterización la productividad animal.....	54
4.2.4.1. Manejo de animales.....	54
4.2.4.2. Carga animal.....	54
4.2.4.3. Ganancia media diaria.....	54
4.2.4.4. Ganancia de peso vivo del periodo de evaluación.....	54
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	55
4.3.1. Variables de la pastura.....	55
4.3.2. Variables de la producción animal.....	56
4.4. HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS.....	57
4.4.1. Modelo estadístico asociado a la pastura.....	57
4.4.2. Modelo estadístico asociado a los animales.....	59
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	60
5.2. INFLUENCIA DE LA ZONA, OFERTA Y MÉTODO DE PASTOREO EN LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	63
5.2.1. Análisis cualitativo de la composición botánica del tapiz natural.....	63
5.2.2. Análisis cuantitativo de las comunidades vegetales.....	70
5.2.2.1. Efecto de la zona topográfica en la composición botánica.....	70
5.2.2.2. Efecto de la oferta sobre la composición botánica.....	75
5.2.2.3 Efecto del método de pastoreo en la composición botánica.....	76
5.2.2.4. Efecto de la interacción Oferta x Zona sobre la composición botánica..	77
5.2.2.5. Efecto de la Interacción Método x Zona sobre los grupos botanales.....	83
5.2.2.6. Efecto de la interacción Método x Oferta sobre la composición botánica	85
5.3. ALTURA DE LA PASTURA.....	86
5.3.1. Altura media del período experimental.....	86
5.3.2. Alturas particionadas por subperiodo.....	90
5.3.2.1. Interacción Zona x Método.....	90

5.3.2.2. Interacción Zona x Oferta	92
5.3.2.3. Interacción Método x Oferta	93
5.4. MATERIA SECA DISPONIBLE	95
5.4.1. Materia seca disponible promedio del periodo experimental	95
5.4.2. Materia seca disponible particionada por subperiodos.....	98
5.4.2.1. Interacción Zona x Método	98
5.4.2.2 Interacción Zona x Oferta	100
5.4.2.3. Interacción Método x Oferta	100
5.5. UTILIZACIÓN DE MATERIA SECA	103
5.5.1. Evaluación del total del periodo experimental	103
5.5.2. Evaluación por periodo.....	103
5.5.2.1. Interacción Método x Oferta	103
5.5.2.2. Interacción Oferta x Zona	105
5.5.2.3. Interacción Método x Zona	105
5.6. PRODUCCIÓN PRIMARIA	107
5.7. TASA DE CRECIMIENTO.....	111
5.7.1. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 1	112
5.7.2. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 2	114
5.7.3. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 3	118
5.7.4. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 4	118
5.7.5. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 5	119
5.8. PRODUCCIÓN SECUNDARIA	121
5.8.1. Carga animal y Oferta de Forraje real	121
5.8.2. Ganancia peso vivo por animal y por hectárea	123
5.8.3. Evolución del peso vivo por subperiodos.....	124
5.8.3.1. Ganancia media diaria durante el Periodo 1.....	125
5.8.3.2. Ganancia media diaria durante el Periodo 2 y 3.....	128
5.8.3.3. Ganancia media diaria durante el Periodo 4.....	130
5.8.4. Variación del Peso Vivo en función de la Oferta de forraje.....	133
6. CONCLUSIONES	135
7. BIBLIOGRAFÍA	136
8. ANEXOS.....	147

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura No.	Página
Figura 1 Distribución de zonas dentro del sitio experimental y transectas usadas en muestreos.....	47
Figura 2 Mapa de empotramiento del Potrero 13 de la EEMAC	49
Figura 3 Temperatura media diaria de los meses de noviembre a abril.....	60
Figura 4 Precipitaciones mensuales desde octubre a abril.....	61
Figura 5 Balance hídrico y nivel de almacenaje de agua del suelo, desde junio a abril	62
Figura 6 Agrupamiento de tratamientos a partir de la composición de Grupos Funcionales en zona de bajos.....	63
Figura 7 Agrupamiento de tratamientos a partir de la composición de Grupos Funcionales en zona de litosol	65
Figura 8 Agrupamientos de tratamientos a partir de la proporción de Grupos Funcionales en zona de litosol	66
Figura 9 Agrupamientos de tratamientos a partir de la composición de Grupos Funcionales en zona media.....	67
Figura 10 Alturas medias (cm) de la pastura según interacción método x zona	88
Figura 11 Alturas medias (cm) de la pastura según interacción oferta de forraje x zona	89
Figura 12 Alturas medias (cm) de la pastura según interacción método x oferta de forraje	90
Figura 13 Altura (cm) de la pastura según interacción zona x método de pastoreo en cada subperiodo	91
Figura 14 Altura (cm) de la pastura según interacción zona x oferta de forraje en cada subperiodo	93
Figura 15 Altura (cm) de la pastura según interacción método x oferta de forraje en cada subperiodo	94
Figura 16 Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción zona x método para cada subperiodo	99
Figura 17 Materia seca disponible (kg Ms/ha) según interacción zona x oferta para cada subperiodo	100
Figura 18 Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción método x oferta de forraje en cada subperiodo	101

Figura 19 Producción de materia seca (kg MS/ha) total según interacción oferta de forraje x zona	107
Figura 20 Tasas de crecimiento en los distintos periodos según tratamiento	112
Figura 21 Variación de la GMD (kg PV/an/d) según oferta de forraje por subperíodo	133
Tabla No.	Página
Tabla 1 Relación entre kg MS por hectárea y centímetro de altura según ofertas de forraje y zonas	52
Tabla 2 Composición de los g.l. para el modelo estadístico asociado a la pastura.....	58
Tabla 3 Composición de los g.l. para el modelo estadístico asociado a los animales ...	59
Tabla 4 Efecto de la zona sobre la biomasa presente (kgMS/ha) de los grupos botanales	70
Tabla 5 Contribución porcentual en la materia seca disponible de los grupos botanales según zonas.....	72
Tabla 6 Contribución porcentual en la materia seca disponible de los grupos botanales según zonas.....	73
Tabla 7 Efecto de la oferta sobre la biomasa presente (kgMS/ha) y contribución porcentual de Stipa charruana	75
Tabla 8 Efecto del método de pastoreo sobre la biomasa y la contribución porcentual del GB PIFT	76
Tabla 9 Masa de forraje de grupos botanales según interacción zona x oferta de forraje	77
Tabla 10 Masa de forraje de grupos botanales según interacción zona x oferta de forraje	78
Tabla 11 Contribución porcentual a la biomasa presente de GB según interacción oferta de forraje x zona	80
Tabla 12 Contribución porcentual a la biomasa presente de GB según interacción oferta de forraje x zona	81
Tabla 13 Materia seca presente (kgMS/ha) y contribución porcentual de grupos botanales según interacción zona x método	83
Tabla 14 Biomasa presente y proporción en biomasa total del grupo PEF según interacción método x oferta.....	85
Tabla 15 Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción zona x método	96

Tabla 16 Materia Seca disponible (kg MS/ha) según interacción zona x oferta de forraje	97
Tabla 17 Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción método x oferta de forraje	97
Tabla 18 Utilización (% del disponible) promedio según oferta de forraje en todo el periodo experimental.....	103
Tabla 19 Utilización de MS según interacción oferta de forraje x método de pastoreo, por subperiodo	104
Tabla 20 Utilización de MS según interacción oferta de forraje (OF) x zona, por subperiodo	105
Tabla 21 Utilización de MS según interacción método de pastoreo x zona, por subperiodo	106
Tabla 22 Utilización de la MS (% del disponible) según el método de pastoreo, por subperiodo	106
Tabla 23 Efecto de la Interacción método x zona sobre la tasas de crecimiento, en subperiodo 1	113
Tabla 24 Interacción oferta de forraje x zona y tasa de crecimiento, en subperiodo 1	114
Tabla 25 Medias de tasas de crecimiento según interacción método x oferta de forraje, en subperiodo 2.....	115
Tabla 26 Medias de tasas de crecimiento según interacción método x zona, en subperiodo 2	116
Tabla 27 Medias de tasas de crecimiento según interacción oferta de forraje x zona, en subperiodo 2	117
Tabla 28 Medias de tasas de crecimiento según interacción oferta de forraje x zona, en subperiodo 4	118
Tabla 29 Medias de tasas de crecimiento según interacción método x oferta de forraje, en subperiodo 5.....	119
Tabla 30 Medias de tasas de crecimiento según interacción método x zona, en subperiodo 5	120
Tabla 31 Medias de tasas de crecimiento según interacción oferta de forraje x zona, en subperido 5	121
Tabla 32 Carga animal y oferta de forraje real, por subperiodo y promedio por tratamiento.....	122

Tabla 33 Ganancias de peso vivo por animal (GPV) y por hectárea (GPV/ha) del periodo experimental	123
Tabla 34 Ganancia media diaria (kg PV/an/día) según oferta de forraje, en subperiodo 1	125
Tabla 35 Ganancia media diaria (kg PV/an/día) según método de pastoreo, en subperiodo 1	126
Tabla 36 Ganancia media diaria (kg PV/an/día) según oferta de forraje, en subperiodo 4	131

RESUMEN

Comprender la influencia que tienen las condiciones edáficas, la oferta y el método de pastoreo sobre la producción primaria y secundaria, así como sobre la calidad del tapiz natural es fundamental para desarrollar sistemas productivos prósperos y sustentables. Sobre el potrero 13 de la Estación Experimental Mario Alberto Cassinoni (La - 32.387511°S y Lo -58.033235°O) se desarrolla un experimento de estructura factorial 2x2, donde se evalúan dos niveles de oferta (baja y alta, siendo estas 8% y 12%, respectivamente) y dos métodos de pastoreo (rotativo y continuo). Se trabajó con novillos Holando. La oferta se ajustó mediante muestreos mensuales que permitían la estimación de materia seca disponible (kg/ha), en base a la cual se realizaron cambios de animales, destinados al ajuste de la carga, entre potreros. Estos animales también fueron pesados mensualmente. El periodo de evaluación abarcó desde el 1 de noviembre de 2023 hasta el 25 de abril de 2024, por lo que se evaluó fin de primavera, totalidad del verano, e inicios del otoño. Dentro de este periodo fueron construidos subperiodos de modo tal que se evalúe la variabilidad de los factores mensualmente. El trabajo fue realizado con el objetivo de determinar la composición botánica del campo natural frente a los distintos tratamientos, así como también la producción primaria y secundaria del campo. De modo que se tuviera en cuenta la influencia edáfica, fue dividido el potrero en zona de bajo, medio y litosol, utilizando bases cartográficas y estimación visual. Las variables determinadas fueron producción de materia seca (kg MS/ha), tasa de crecimiento (kg/día/ha), disponibilidad de materia seca (kg MS/ha), altura de forraje (cm), utilización de forraje (% del disponible), composición botánica del tapiz, ganancia diaria de los animales (kg PV/animal/día), ganancia de peso vivo del periodo por animal (kg PV/animal) y por hectárea (kg PV/ha). Mediante el programa estadístico InfoStat se realizó el análisis cualitativo de la composición botánica, pudiéndose construir dendrogramas, y análisis cuantitativo de todas las variables mediante el análisis de la varianza (ANAVA), posteriormente realizando comparación de Tukey con un 10% de significancia. Los resultados demuestran que la altura de la pastura está fuertemente influida por la oferta y el método, siendo el rotativo de alta el que permitió mayores alturas, habiendo una fuerte influencia de las condiciones edáficas, siendo en el bajo donde se dieron las mayores alturas y las menores en los litosoles. La composición botánica estuvo fuertemente influida por las condiciones edáficas, encontrando comunidades contrastantes entre las diferentes zonas, habiendo influencia de la oferta y

el método sobre la heterogeneidad formada. La utilización estuvo determinada por la oferta, siendo mayor a bajas ofertas. La zona y oferta fueron muy influyentes en la tasa de crecimiento, siendo mayor en zona de bajos a baja oferta. La productividad animal no se vio determinada por las distintas variables de manejo evaluadas.

Palabras clave: oferta de forraje, métodos de pastoreo, composición botánica, productividad primaria, producción animal

SUMMARY

Understanding the influence of soil conditions, forage supply and grazing method on primary and secondary production, as well as on the quality of the natural cover is essential to develop prosperous and sustainable production systems. A 2x2 factorial structure experiment is being carried out on paddock 13 of the Mario Alberto Cassinoni Experimental Station (La -32.387511°S and Lo -58.033235°W), where two forage supply levels (low and high, 8% and 12%, respectively) and two grazing methods (rotation and continuous) are being evaluated. The work was done with Holstein steers. The supply was adjusted by monthly sampling that allowed the estimation of available dry matter (kg/ha), based on which changes of animals were made, destined to adjust the load, between pastures. These animals were also weighed monthly. The evaluation period covered from November 1, 2023 to April 25, 2024, so the end of spring, the entire summer, and the beginning of autumn were evaluated. Within this period, subperiods were constructed in such a way that the variability of the factors was evaluated monthly. The work was carried out with the objective of determining the botanical composition of the natural field in relation to the different treatments, as well as the primary and secondary production of the field. In order to take into account the edaphic influence, the pasture was divided into low, medium and lithosol zones, using cartographic bases and visual estimation. The variables determined were dry matter production (kg DM/ha), growth rate (kg/day/ha), dry matter availability (kg DM/ha), forage height (cm), forage use (% of available), botanical composition of the mat, daily gain of animals (kg LW/animal/day), live weight gain for the period per animal (kg LW/animal) and per hectare (kg LW/ha). Using the statistical program InfoStat, a qualitative analysis of the botanical composition was performed, allowing the construction of dendrograms, and a quantitative analysis of all variables was performed using the analysis of variance (ANAVA), subsequently performing a Tukey comparison with a 10% significance level. The results show that pasture height is strongly influenced by forage supply and method, with high rotation being the one that allowed the highest heights, with a strong influence of soil conditions, with the highest heights being in the low pasture and the lowest in the lithosols. Botanical composition was strongly influenced by soil conditions, with contrasting communities found between the different areas, with the influence of forage supply and method on the heterogeneity formed. Utilization was determined by forage supply, with a higher level of utilization under low supply. Area and forage supply were highly influential on growth

rate, with a higher level of utilization under low forage supply areas. Animal productivity was not determined by the different management variables evaluated.

Keywords: forage supply, grazing methods, botanical composition, primary productivity, animal production

1. INTRODUCCIÓN

La superficie de Campo Natural cuenta con 11.382.534 hectáreas (Oficina de Estadísticas Agropecuarias, 2023), representando el sustento del 71% de los sistemas pastoriles. El Campo Natural constituye una fuente de forraje con un costo relativamente bajo en comparación a los sistemas a base de pasturas sembradas, verdes o encierro; por lo que, sin este recurso, la competitividad de la cadena agroexportadora se derrumbaría. A pesar de su gran importancia para los sistemas de producción ganaderos, las pasturas naturales suelen ser sometidas a manejos inadecuados, soportando secuencias de sobrepastoreo y subpastoreo como efecto de desajustes de la carga animal; limitando la capacidad de producción de los sistemas ganaderos.

La producción promedio de carne bovina sobre campo natural desde el 2011 al 2017 fue de 70 a 81 kg/ha, caracterizada por significativa variabilidad geográfica (Aguirre, 2018), consecuencia del uso inadecuado de este recurso.

Con la intención de incrementar los niveles de producción, múltiples sistemas han incorporado la utilización de métodos de pastoreos que se apartan de la tendencia histórica nacional, buscando mayores producciones de forraje que permitan mejores desempeños de los animales, como son los sistemas rotativos los cuales han adquirido relevancia en su frecuencia de uso por productores en los últimos tiempos.

Existen antecedentes nacionales e internacionales del uso de métodos pastoreo rotativos, los cuales tienden a presentar resultados positivos respecto a la producción de forraje, sin embargo, los efectos sobre los indicadores de producción animal reportados no presentan una tendencia clara. Es a tener en cuenta, que estos resultados se han obtenido mediante el empleo de cargas fijas.

En este trabajo, con la intención de aportar y avanzar entre el conocimiento existente se sientan las bases para la evaluación del ajustes de distintas ofertas de forraje interaccionando con dos métodos de pastoreos, dada la escasez de información de esta índole.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Determinar métodos de manejo de los recursos forrajeros naturales, donde se maximicen los niveles de productividad primaria y secundaria.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar la relación existente entre las distintas zonas Topográficas - Edáficas con la composición botánica y niveles de producción de materia seca del tapiz natural.

Evaluar el efecto de dos métodos de pastoreo y dos ofertas de forraje, sobre la producción de materia seca y sobre la producción animal.

Caracterizar la composición botánica que se desarrolla en función del método de pastoreo y de la oferta de forraje.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEFINICIÓN DE CAMPO NATURAL

El término campo natural hace referencia a aquellos campos vírgenes cuya cobertura no ha sido removida por efecto de la agricultura, y campos que se encuentran en diversas etapas sucesionales secundarias, con grados de artificialización variable (Berretta, 2009).

Berretta (2000), establece que el campo natural se caracteriza por presentar una cubierta vegetal heterogénea y dinámica, compuesta por gramíneas, plantas herbáceas y subarborescentes, donde la presencia de árboles no es habitual. La composición florística y la densidad de esta son variables según el material geológico que dio origen al suelo donde se desarrollan las distintas comunidades vegetales, dado que este dota al suelo con diferentes texturas, grados de fertilidad y profundidad.

A simple vista, esta heterogeneidad que caracteriza a las praderas naturales podría no ser tan evidente, sin embargo, al estudiar de forma minuciosa la composición de los diversos tapices vegetales se pueden identificar un gran número de especies, que varía no solo en su frecuencia sino también diversos tipos biológicos y morfológicos de las plantas (Del Puerto, 1969).

Esta diversidad está representada por la existencia de más de 400 especies de gramíneas y por más de 100 especies de leguminosas. Esto le brinda al campo natural la capacidad de adaptarse ante la presencia de diversos fenómenos adversos, pero, a la hora de planificar y realizar medidas de manejo, la presencia de este elevado número de especies complejiza la toma de decisiones (Del Puerto, 1969; Pereira, 2011).

De acuerdo con Millot (1991), la estructura de una pastura natural y su composición florística se determina por el tipo de suelo y clima, primeramente, ya que determinan el grupo de especies capaces de colonizar ese ambiente, así como también con la capacidad de defenderse frente a condiciones adversas de dicho ambiente.

Según Pereira (2011), en el presente, una gran proporción de nuestros campos se caracterizan por presentar altas proporciones de especies de baja aptitud engordadora, como consecuencia del proceso de degradación por el manejo agresivo al que estos han sido sometidos. A su vez, se ha observado un aumento en el número de especies adaptadas

a ambientes secos y en el grado de invasión de malezas tanto de mediano como de alto porte.

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CAMPO NATURAL

Al igual que el Este de Argentina y Río Grande do Sul, Uruguay, se encuentra inmerso dentro de la región de los Pastizales del Río de la Plata, siendo esta una de las zonas de pastizales más significativas del mundo (Altesor et al., 2010)

Al observar los datos climáticos nacionales promedios, estos indicarían que la vegetación que debería dominar nuestros suelos sería de carácter boscoso, sin embargo, dado la gran variabilidad que estos presentan, dándose periodos de sequía en cualquier estación del año, lleva a que se desarrolle una vegetación de praderas que presentan comunidades herbáceas típicas de la región (Carámbula, 1991).

Estos pastizales están constituidos por la confluencia de diversas especies campestres generales y características de cada lugar, que dejan en evidencia la complejidad y heterogeneidad de las comunidades que componen estos sistemas (Carámbula, 1991). Dicha heterogeneidad está dada principalmente por los suelos y topografía sobre los que estas praderas se desarrollan, contribuyendo de forma secundaria la adaptabilidad de las plantas, así como también la del ganado (Rosengurtt et al., 1939).

La heterogeneidad que caracteriza a nuestros tapices naturales, están dadas por distintos grupos de especies vegetales, donde las gramíneas son el grupo dominante, de las cuales se han descrito cerca de 400 especies entre aquellas de ciclo estival e invernal, más de 100 especies de leguminosas y un número importante de diversas malezas (Jaurena et al., 2013).

Dentro del grupo de las gramíneas, las especies estivales de tipo C4 son dominantes sobre las especies invernales C3. Esto se explica dado su mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno, lo cual las dota con la capacidad de adaptación a ambientes pobres (Carámbula, 1991). No obstante, estos grupos se mezclan en proporciones variables en función de los suelos, potreros y manejo de acuerdo con el autor.

Esta dominancia que presentan las especies estivales sobre las invernales lleva a que la producción de nuestros campos presente una producción más significativa en el período primavera-verano-otoño. Sin embargo, el aporte que realizan las especies

invernales durante la estación más crítica del año puede ser relevante en algunos tipos de suelos, más significativamente en aquellos campos más fértiles que son los cuales poseen mayor frecuencia de especies invernales (Carámbula, 1991).

Las especies estivales comienzan su rebrote cuando las temperaturas se tornan favorables, lo cual se da a partir de la primavera, y su grado de crecimiento será determinado por la disponibilidad hídrica en estas estaciones cálidas (Carámbula, 1991). El periodo de semillazón de este grupo de especies se da entre octubre y abril. Según este autor, algunos de los géneros principales de este grupo son: *Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Bothriochloa*, *Bouteloua*, *Chloris*, *Coelorhachis*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Eleusine*, *Eragrostis*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium*, *Setaria* y *Sporobolus*.

Por otra parte, las especies invernales comienzan su rebrote en otoño al darse las primeras lluvias y crecerán en función de la dinámica de las temperaturas dadas. El periodo de floración de estas se da desde setiembre hasta noviembre y los principales géneros de este grupo son: *Agrostis*, *Briza*, *Bromus*, *Chascolytrum*, *Danthonia*, *Hordeum*, *Lolium*, *Melica*, *Piptochaetium*, *Poa*, *Stipa* y *Vulpia* (Carámbula, 1991).

Según Berretta (2000), con respecto a la producción anual de los campos, de forma general, estos concentran la mayoría de su producción en primavera y verano, momento donde se produce el 80-85% del crecimiento en los campos arenosos y de 60-70% en vegetaciones con un pico de crecimiento otoñal. A su vez, los suelos arenosos presentan una producción invernal de 6-7%, mientras que el resto de los campos presentan entre 10 y 15% de dicha producción.

Los géneros de leguminosas más frecuentes, según Carámbula (1991) en nuestros campos naturales, son: *Adesmia*, *Arachis*, *Astragalus*, *Desmanthus*, *Galactia*, *Lathyrus*, *Lupinus*, *Medicago*, *Melilotus*, *Ornithopus*, *Phaseolus*, *Poiretia*, *Rhynchosia*, *Stylosanthes*, *Trifolium* y *Vicia*. La mayoría de las especies de este grupo presentan hábito de vida perenne, pero también hay algunos géneros que comprenden a especies anuales. Las leguminosas son fundamentales para la incorporación de nitrógeno al sistema que puede ser utilizado por las gramíneas para potenciar su crecimiento y por su contribución en aportar calidad a la dieta ofrecida a los animales (Jaurena et al., 2005).

La contribución de este grupo oscila entre el 0,8 – 3,6 % de la cobertura (Rebuffo et al., 2006), mostrando una ausencia parcial o prácticamente total en la mayoría de los campos naturales, por lo que su aporte a la producción total de forraje es escaso. Esta baja participación de las leguminosas en las comunidades vegetales se debe al bajo contenido de fósforo de los suelos, donde los contenidos máximos de este nutriente pueden llegar a ser de 9 ppm en algunos casos (Carámbula, 1991).

De acuerdo con Berretta (2000), los diferentes tipos de suelo determinan los tipos productivos, dados por las comunidades conformadas. Suelos livianos y de fertilidad baja, hay dominancia de tipos productivos ordinarios y duros, con una gran producción anual, pero de baja calidad. Suelos que presentan mayor fertilidad aumenta la frecuencia de especies de mayor calidad.

2.3. EFECTOS DEL PASTOREO

Antes de que Hernandarias introdujera el ganado bovino en el siglo XVII, hubo un equilibrio entre las especies dado por la competencia por recursos, el cual fue alterado por la introducción de los animales, que llevó a un nuevo equilibrio o disclimax pastoril, según Millot (1991).

El efecto que el animal tiene sobre la pastura se basa fundamentalmente en la presión de pastoreo, determinada por la frecuencia e intensidad con que las plantas son defoliadas, que se refleja en cambios en la proporción de especies que componen el tapiz y en la proporción que contribuyen las especies a la producción de forraje (Nabinger et al., 2006).

Gomes (1996) establece que la herbivoría es uno de los principales factores desencadenantes de procesos evolutivos en sistemas campestres, ya que modifica el ambiente del campo natural, no solo el tapiz, sino que también el suelo, la mesofauna, entre otros componentes del ecosistema. En este sentido, Altesor et al. (2006), en su comparación de campos pastoreados y aquellos que no fueron intervenidos por periodos prolongados, observó que aquellos campos que no fueron sometidos a pastoreos presentaron una mayor influencia de especies arbustivas. Las plantas de hábito erecto son más sensibles a los procesos de defoliación que aquellas especies de hábito postrado, dado que sus tejidos foliares y puntos de crecimiento están más expuestos al efecto de los defoliadores (Gomes, 1996). Este mismo autor determina que se ha observado que los

campos con animales presentaron una mayor cobertura de especies postradas como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* y *Stenotaphrum secundatum*. En este sentido, Millot (1991) también coincide en que las especies dominantes presentan hábitos postrados. En cuanto a las especies de pastos dominantes en ambientes sin pastorear, aparecen especies como *Stipa neesiana*, *Stipa charruana*, *Coelorachis selloana*, *Cynodon dactylon* y *Paspalum quadrifarium*.

Nabinger (2006a) expone que la frecuencia e intensidad de pastoreo, en conjunto con la especie y categoría animal, a lo que se le suma el método de pastoreo, determinan la frecuencia de especies del tapiz. Asimismo, entran en juego los mecanismos de defensa y escape de las especies.

La gran complejidad de la flora plantea una dificultad importante a la hora de cuantificar los efectos del pastoreo a cada una de las especies componentes del tapiz; es por esto que Nabinger (2006a) plantea el concepto de Grupos Funcionales, que consiste en la agrupación de especies conforme a sus características morfogénicas, estructurales, fisiológicas y ecológicas.

De acuerdo con Nabinger y Carvalho (2009), durante el pastoreo, al defoliar diferencialmente las especies, alteran las interacciones de competencia entre las plantas, lo que modifica la capacidad de rebrote a lo que sería en condiciones sin pastorear, lo que es reafirmado por Rook y Tallowin (2003) y Nabinger et al. (2006), quienes afirman que el pastoreo es fundamental en el mantenimiento y mejoramiento de la heterogeneidad del tapiz. Consecuentemente, se modifica la producción de la pastura, su estacionalidad, así como también la composición botánica. A su vez, proponen que las características morfogénicas y estructurales están determinadas por la disponibilidad de nitrógeno, lo que interactúa con la presión de pastoreo.

Rook y Tallowin (2003) y Nabinger et al. (2006) exponen también que el pisoteo y el ciclaje de nutrientes contribuye a esta heterogeneidad del tapiz.

Dentro de nuestros ecosistemas de carácter subhúmedos y con una corta historia de coevolución con los herbívoros domésticos, los cambios en las intensidades de pastoreo implican cambios significativos en la diversidad florística de los tapices naturales, incrementando la diversidad con intensidades de pastoreo moderadas y disminuyendo con intensidades de pastoreo muy altas o muy bajas, dejando como

resultado un rango óptimo muy acotado donde se pueda incrementar la diversidad de especies del tapiz natural (Nabinger et al., 2006).

2.4. EFECTOS DE LA OFERTA DE FORRAJE

Entiéndase por oferta de forraje a los kg/MS de pasto que son ofrecidos por cada 100 kg de peso vivo; donde esta relación, establece un nexo entre la cantidad de forraje disponible y la carga animal utilizada (Gómez & Do Carmo, 2019). Es de destacar que bajas ofertas determina alta intensidad de pastoreo, al mismo tiempo que altas ofertas se corresponden con baja intensidad de pastoreo; lo cual tiende a tener implicancia tanto sobre las pasturas como sobre los animales.

2.4.1. En la producción primaria

Según lo expuesto por Nabinger (2006a) y Nabinger et al. (2006), el uso de intensidades de pastoreo elevadas lleva a la pérdida de especies de interés productivo, pérdida de cobertura vegetal, invasión de especies indeseables y erosión del suelo; determinando que esta variable tenga especial relevancia en sistemas pastoriles. Por tanto, como plantean estos autores, el adecuado ajuste de la carga animal en función de la disponibilidad de forraje lleva a que este sea un factor determinante del funcionamiento y resultados del campo natural. En las condiciones que la carga excede la capacidad de carga del campo, y esto se mantiene por periodos prolongados, se suele dar un cambio en la composición de la comunidad vegetal que compone el tapiz, por otras especies de menor productividad o de menor valor alimenticio para los animales (Berretta, 2005).

Según Boggiano y Zanoniani (2014), Nabinger et al. (2006) y Nabinger (2006a), la tasa de acumulación de materia seca en las pasturas está directamente relacionada con el índice de área foliar del dosel, ya que este índice determina la capacidad de la vegetación para captar la máxima cantidad de radiación posible. De esta forma, a medida que aumenta la capacidad de interceptar radiación, también lo hace la tasa de crecimiento. Siguiendo lo presentado por estos autores, este patrón se mantiene hasta alcanzar un valor máximo del índice de área foliar, momento en el cual la acumulación de materia seca deja de incrementarse. Esto se debe al sombreado que ciertos estratos del dosel generan sobre otros, lo que provoca una competencia por la radiación que no se traduce en un aumento en la capacidad de interceptarla.

Moojen y Maraschin (2002) encontraron que la tasa de crecimiento de las pasturas muestra un aumento a medida que se aumenta la oferta de forraje, manteniéndose este comportamiento hasta un máximo a partir del cual, al seguir aumentando la oferta de forraje, determinan una disminución de la tasa de crecimiento. Estos autores determinaron que la tasa máxima de acumulación de forraje se dio con una oferta de forraje de 11,5%. A su vez, siguiendo la línea de Moojen y Maraschin (2002), Nabinger (2006b) establece que el rango de ofertas de forraje óptimas donde se da el mayor crecimiento diario de las pasturas se encuentra entre 11% y 13,5%.

Carvalho et al. (2009) determinaron que las condiciones que favorecen el crecimiento de las pasturas naturales se dan cuando el tapiz posee una altura en torno a 8 cm y una masa de forraje acumulado cercano o superior a los 1500 kg MS/ha.

Cuando se trabajan a ofertas de forraje muy bajas, como son ofertas de 4%, las pasturas no logran capturar la misma cantidad de radiación que aquellas manejadas a ofertas de 9 o 14%, dado que el índice de área foliar remanente es muy bajo y la capacidad de recuperación de estas pasturas es muy lentas, limitando de este modo la capacidad de intercepción de radiación (Boggiano & Zanoniani, 2014). Nabinger (1998, como se cita en Nabinger, 2006a) establece que el pasar de un nivel de oferta de forraje de 4% a 12% produjo un aumento del 80% en la eficiencia del uso de la radiación.

Intensidades altas de pastoreo limitan la capacidad de capturar radiación de las pasturas, por lo que la capacidad de producción de forraje de los sistemas que son sometidos a este tipo de manejos se ve reducida de forma significativa (Boggiano & Zanoniani, 2014; Carvalho et al., 2009).

Por otra parte, los manejos con ofertas de forraje muy altas llevan a que se dé una acumulación de hojas viejas, las cuales presentan una eficiencia fotosintética menor en comparación a las hojas nuevas, a su vez, este tipo de manejos prolongados en el tiempo lleva a que la acumulación de restos secos aumente de forma sustancial, sombreando las hojas con capacidad fotosintética y, por lo tanto, reduciendo la capacidad de intercepción de luz (Boggiano & Zanoniani, 2014; Moojen & Maraschin, 2002). La participación de la acumulación de los restos secos en la materia seca total disponible se vuelve más significativa desde fines del otoño a fines del invierno (Moojen & Maraschin, 2002). Todo

esto, en conjunto, limita la eficiencia fotosintética del dosel y en consecuencia induce reducciones de la tasa de crecimiento de la pastura (Boggiano & Zanoniani, 2014).

Boggiano y Zanoniani (2014) mencionan que las hojas absorben mayoritariamente radiación dentro del rango de longitud de onda del rojo, sin embargo, a medida que la profundidad de los horizontes de la pastura aumenta, la relación rojo/rojo lejano disminuye, disminuyendo la magnitud de los estímulos lumínicos para que se dé el macollamiento de plantas que componen el tapiz vegetal, lo cual limita la producción de las pasturas.

La producción de forraje por unidad de superficie sigue un comportamiento similar al de la tasa de crecimiento, lo cual es esperable dado que la producción de forraje es el resultado de los crecimientos diarios que preste la pastura (Moojen & Maraschin, 2002).

Ahora bien, de acuerdo con Nabinger (2006b), el mantener un índice de área foliar adecuado del dosel del tapiz natural, no solo permite aumentar la producción primaria por medio de mayor capacidad de realizar fotosíntesis, sino que también tiene implicancias positivas respecto al suelo, dado que al haber mayor cobertura del suelo, se disminuye la magnitud de los procesos de erosión, mejoran las condiciones químico-físico-biológicas del suelo, brindándole al suelo una mayor disponibilidad de nutrientes, se da una mejor capacidad de infiltración y almacenamiento de agua, promoviendo de este modo el crecimiento de la pastura, según lo expuesto por dicho autor.

Variar las intensidades de pastoreo en función de las variaciones de las condiciones ambientales de crecimiento y acumulación de forraje de la pastura, se presenta como una alternativa útil para manejar la dinámica de producción de materia seca de los tapices (Boggiano & Zanoniani, 2014).

Aguinaga (2004) halló que se daba una correlación entre la oferta de forraje y la producción de materia seca total anual sobre campo natural. Este observó que la producción de materia seca del campo natural era 779, 1174, 1792, 2735, 1598, 1523, 2343 kg de MS/ha al utilizar ofertas de forraje de 5,5; 7,9; 16,7; 18,2; 13,5; 20,2 y 14,9 respectivamente. En este sentido, el autor explica que, si se mantienen estas ofertas fijas a lo largo del año, se puede considerar que el aumento de 1% de la oferta de forraje se correspondió con un aumento en la producción de materia seca de 126 kg total. Sin

embargo, la tasa de acumulación de materia seca no mostró una interacción entre los tratamientos de oferta de forraje y estacionalidad del año, mostrando tasas de acumulación de materia seca similares para primavera y verano, siendo estas de 22 y 19,2 kg de MS/ha/día respectivamente, mientras que las tasas de acumulación relevadas en otoño e invierno fueron significativamente menores a las anteriores, siendo estas de 5,5 y 4,2 kg de MS/ha/día respectivamente.

En un estudio realizado por Gomes (1996) con ofertas de 4%, se observó que la tasa de crecimiento del forraje presentó diferencias estadísticas significativas únicamente en primavera, mientras que en verano y otoño no se encontraron diferencias relevantes. En primavera, las mayores tasas de crecimiento se registraron con ofertas de 12% y 16%, sin diferencias significativas entre ellas. En cambio, las tasas más bajas se dieron con ofertas de 4% y 8%, sin diferencias estadísticas significativas entre estas últimas. Al analizar las tasas de crecimiento promedio, el autor observó que las menores tasas correspondieron a la oferta de 4%, con un valor de 15,1 kg de MS/ha/día, lo que permitió acumular 1509 kg de MS/ha al año. Por otro lado, según lo expuesto por el autor, las mayores tasas de crecimiento se presentaron con ofertas de 8%, 12% y 16% del peso vivo, sin diferencias estadísticas significativas entre ellas, alcanzando una tasa promedio de 21 kg de MS/ha/día, lo que permitió acumular un promedio de 2119 kg de MS/ha al año.

Por otro lado, Mezzalira (2009) determinó que las mayores tasas de crecimiento se daban en situaciones de ofertas de forraje de 8% fijas todo el año, y con ofertas variables de 8% en primavera - 12% resto del año y 16% en primavera - 12% resto del año; sin diferenciarse estadísticamente entre sí; siendo la tasa de acumulación de forraje promedio de los tres tipos de oferta de 17 kg de MS/ha/d. A su vez, la combinación de ofertas 8% primavera- 12% resto del año, fue la que consiguió producir la mayor cantidad de materia seca. Por otra parte, las menores tasas de crecimiento se dieron bajo ofertas de 4%, siendo esta de 4,4 kg de MS/ha/d; como consecuencia la producción de materia seca total fue de 1190 kg/ha.

Gomes (1996) establece que la utilización de ofertas bajas por periodos prolongados determina que la capacidad de rebrote de las pasturas naturales sea baja; donde por más que a las pasturas se les proporcionen periodos de descanso prolongados, no hay forma de que estas iguallen las TC de las pasturas manejadas con ofertas de forraje más altas.

Soca et al. (2011) reportan tasas de crecimiento de forraje mediante cortes de jaulas, sobre la unidad geomorfológica “Isla cristalina” de la región centro-sur del país, para las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano de 5,25; 0,25; 9,4 y 11,9 kg de MS/ha/día respectivamente.

Por otro lado, un trabajo realizado por Ayala y Bermúdez (2005), donde comparan distintas intensidades de defoliación, determinaron que la producción de forraje se mostró desfavorecida ante aumentos en la intensidad de utilización de la pastura. Los autores adjudican estos resultados a que los manejos más intensos permiten un mejor aprovechamiento del crecimiento que ocurre en estratos inferiores de la pastura, haciendo referencia a que los manejos menos intensos no permiten cosechar todo el forraje producido llevando a un envejecimiento y pérdida del forraje producido.

2.4.2. En la composición florística del campo natural

Brugnara et al. (2011) exponen que el aumento de la presión de pastoreo no afecta a todas las especies por igual, sino que, entre otros factores, la selectividad de los animales hace que disminuya la masa de forraje de ciertas especies y se mantenga dicha masa de otras especies.

En las pasturas naturales que suelen ser sometidas a niveles de utilización elevada como consecuencia de asignaciones de forraje bajas, el número de especies por metro cuadrado rara vez es mayor que 20. En los casos de que la oferta de forraje se encuentra en un punto medio, provocando que el grado de intensidad de utilización de la pastura sea semi-intenso, el número de especies generalmente se encuentra entre 20 y 30, mientras que aquellas sometidas a niveles de utilización bajos el número de especies ronda entre 30 y 50 y en más de 50 especies en los pastizales de uso extensivo (Nabinger et al., 2006). Berretta (2005) determinó que a medida que se aumenta la carga (disminución de la oferta de forraje) por unidad de superficie, lleva a que la diversidad de especies, expresada como el número de especies muestreadas, disminuye de forma significativa ante aumentos de esta variable; lo cual suele verse relacionado a una menor capacidad de producción de forraje.

Gomes (1996) evaluó el efecto que presentaban distintas ofertas de forraje en la composición botánica de un campo natural. En este sentido, el autor observó que incrementar la oferta de forraje provoca una respuesta lineal y positiva con el aumento de

la frecuencia de aparición de muchas especies del tapiz nativo, como es el caso de especies cespitosas como *Andropogon lateralis*, *Briza subaristata*, *Elyonurus candidus*, *Paspalum plicatulum*, *Trachypogon montufari*, *Stipas spp.*; malezas como *Baccharis trimera* y *Eryngium horridum*. A su vez, el aumento de la oferta de forraje presenta un efecto negativo en la frecuencia de aparición de algunas especies, como es el caso de *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum*, *Paspalum pauciflorum* y de malezas como *Oxalis spp.* Esta disminución en la frecuencia de *Paspalum notatum* se correlacionó con una disminución de su participación en la producción de la materia seca total.

Asimismo, Gomes (1996) relevó que especies como *Desmodium incanum*, *Coelorhachis selloana* y *Cyperaceae* no varían su frecuencia de aparición ante variaciones de la oferta de forraje, dado su capacidad de adaptación tanto ante pastoreos intensos como moderados a leves. Las leguminosas tienden a verse favorecidas con la utilización de ofertas moderadas a bajas dado que se da una abertura del tapiz, mejorando de este modo su habilidad de competencia; sin embargo, este comportamiento no se vio reflejado en la frecuencia de *Desmodium incanum*. Por otra parte, la frecuencia de suelo descubierto se presentó indiferente ante el aumento de la oferta.

De Souza et al. (2007) demostraron que la composición florística difiere significativamente cuando se somete el tapiz a ofertas de 4% frente a 12% y 16%. Exponen que a 4% de oferta el tapiz queda con suelo desnudo que es colonizable por especies de bajo o nulo nivel forrajero como *Senecio brasiliensis*, *Acanthostyles buniifolius*, *Solanum sp.*, entre otras. Resultados similares fueron observados por Ayala y Bermúdez (2005), quienes encontraron aumentos de suelo desnudo y de la frecuencia de hierbas enanas antes mayores intensidad de uso de las pasturas. Por su parte, De Souza et al. (2007) sugiere que ofertas superiores a 4% determinan la aparición de especies de mayor valor forrajero en el mismo sentido que disminuye la frecuencia de especies estoloníferas y anuales. De esta forma, el autor determinó que disminuir la intensidad de la defoliación al aumentar la oferta de forraje, lleva a un aumento de la altura de la pastura, beneficiando a las especies cespitosas de mayor capacidad productiva.

Rosito y Maraschin (1984) observaron resultados que compartían la misma línea que de Souza, donde la utilización de bajas ofertas de forraje lleva a un aumento en la frecuencia de especies de bajo potencial productivo. Estos determinaron que, al aumentar la intensidad de pastoreo, especies como *Cynodon dactylon* y *Paspalum notatum*

aumentan su frecuencia dado que los espacios liberados por pérdida de especies cespitosas son ocupados por especies adaptadas a altas intensidades de pastoreo.

En ese sentido, Brugnara et al. (2011) presentan que los cambios en la intensidad de pastoreo provocan cambios en la composición botánica del tapiz natural, observándose un mayor efecto cuando se disminuye la oferta de forraje de 12% a 8%, que cuando esta se aumenta de 12% a 16%. A su vez, estos autores evaluaron especies como *Andropogon lateralis*, que posee una gran plasticidad fenotípica, aparece bajo el uso de todas las ofertas, pero modificando su estructura. En ofertas altas se encontró en el estrato alto formando maciegas, mientras que apareció en el estrato bajo junto con *Paspalum notatum* y *Axonopus spp.* cuando la oferta disminuyó. Este comportamiento también fue observado por Rosito y Maraschin (1984), quienes determinaron que, al aumentar la intensidad de pastoreo, especies como *Paspalum notatum* tendían a aumentar su frecuencia

A su vez, Mezzalira (2009) determinó que el aumento de la oferta lleva a un incremento en la cantidad de especies rechazadas, que presentan el potencial riesgo de formación de maciegas. Cuando se disminuye la oferta de forraje, se puede dar la colonización de espacios por parte de especies indeseadas o de menor valor forrajero, como *Eryngium horridum*, *Aristida jubata* o *Schizachyrium microstachyum* (Brugnara et al., 2011). Por su parte, las formaciones maciegas se dan con mayor frecuencia bajo ofertas de forraje de en torno a 12%, mientras que los menores niveles se dan con ofertas de 4% (Mezzalira, 2009).

Nabinger et al. (2006) establecen que con la oferta de forraje de 8%, algunas especies se ven sobrepastoreadas en cierto grado dada que se permite la selectividad de los animales hasta cierto punto, esto lleva a que aumente la frecuencia de especies como *Paspalum notatum* la cual se adapta a condiciones de sobrepastoreo. Ofertas de forraje de 12%, permite que algunas especies, como las leguminosas, se encuentren protegidas por las matas de especies cespitosas y una doble capa que tendería a estar bien equilibrada. Por otra parte, ofertas de 16% de forraje, permiten que se desarrolle una vegetación de tipo más arbustivo, que causa disminución en la diversidad de especies dado el sombreado. De esta forma, estos autores resaltan que al igual que los factores que determinan la productividad primaria de las pasturas naturales, la máxima diversidad de especies se da con utilidades de oferta de forraje de en torno a 12%.

Así mismo, Gomes (1996) también evaluó la relación entre la frecuencia de aparición de diferentes grupos de especies y la participación de estos en la producción de materia seca total de las pasturas naturales, sometidos a diferentes ofertas de forraje. De este modo, observó que la frecuencia de aparición del grupo de especies invernales se mostró indiferente ante variaciones de la oferta de forraje, sin embargo, su participación en la producción de materia seca se mostró sensible ante los cambios de oferta, disminuyendo su producción ante los aumentos de esta variable. Por otro lado, el grupo de las especies estivales de carácter grosero aumentó su frecuencia y su participación en la producción de materia seca a medida que aumentaban la oferta de forraje. A su vez, el autor expone que las especies cespitosas finas estivales, las leguminosas y las estoloníferas - rizomatosas, presentaron una disminución de su frecuencia de aparición ante los aumentos de la oferta de forraje, siendo más marcada esta disminución en el caso del grupo estoloníferas; a su vez, esta disminución de la frecuencia de aparición se asoció con una disminución en la participación de la producción de materia seca por parte de estos grupos de especies. Por su parte, las especies no gramíneas de bajo porte se vieron afectadas negativamente ante los aumentos de la oferta de forraje.

2.4.3. En la producción animal

Nabinger (2006b) expone que dentro del bioma que nos encontramos, la producción de carne media regional es de 70 kg PV/ha al año, consistiendo este nivel de producción en ningún tipo de intervención específica. Sin embargo, es posible aumentar estos niveles de producción solo con ajustar la carga animal apropiada en función de la disponibilidad de forraje, logrando de este modo producir entre 200 y 230 kg PV/ha al año, sin incurrir en ningún tipo de costo (Nabinger, 2006b).

La capacidad de carga hace referencia al número máximo de animales que puede soportar una determinada pastura con el objetivo de lograr el máximo rendimiento por animal y por unidad de superficie (Carvalho et al., 2009).

El ajustar la carga animal en función de la cantidad de forraje disponible, permite controlar en cierto grado la cantidad de pasto que se suministra a cada animal, es decir, se controla la cantidad de forraje que tiene disponible un animal diariamente para conformar su dieta (Nabinger, 2006b).

Por lo tanto, Nabinger (1998) sugiere que es necesario establecer una medida que opere como referencia para el ajuste de la cantidad de forraje disponible y la demanda de forma apropiada.

La oferta de forraje se correlaciona lineal e inversamente con la carga animal, es decir que, para poder aumentar la cantidad de forraje que se ofrece a cada animal se debe reducir la dotación animal por unidad de superficie (Mezzalira, 2009; Moojen & Maraschin, 2002).

Según Moojen y Maraschin (2002) y Carvalho et al. (2009), la oferta de forraje óptima para manejar los animales sobre campo natural se encuentra en torno a 12%. Dicha oferta surge dado que es el punto donde se acercan los mayores niveles de ganancias individuales por animal y producción de carne por hectárea (Carvalho et al., 2009).

Si se trabaja a ofertas bajas, las ganancias individuales son bajas dado que la cantidad de alimento disponible por animal limita la capacidad de consumo al generar un estado de competencia entre animales, y reduciendo la capacidad de producción por unidad de superficie (Boggiano & Zanoniani, 2014).

Al aumentar la oferta de forraje hacia el óptimo (entre 10 y 13%), no solo se mejora la disponibilidad de forraje por animal y, por lo tanto, el nivel de consumo, sino que mejora la capacidad de selección del animal (Nabinger, 2006b). Según este autor, esto se logra cuando el animal tiene a su disposición entre cuatro y cinco veces más de lo que puede consumir de forma diaria.

No obstante, Nabinger (2006b) desarrolla que la respuesta en ganancia animal ante el aumento de la oferta de forraje por encima de 11-12% son cada vez menores, llegando a disminuir ante ofertas superiores a 14%, dado que la cantidad de restos comienzan a aumentar y se da una pérdida de calidad de la pastura, generando aumentos de los gastos energéticos relacionados a procesos de búsqueda, selección y cosecha del alimento, para mantener una dieta de calidad. Esta reducción en el desempeño individual sumado a la menor carga animal determina la reducción de la producción por superficie (Boggiano & Zanoniani, 2014).

Ahora bien, para poder aumentar la oferta de forraje por animal, se debe disminuir en cierto grado la carga, sin embargo, el tener menor cantidad de animales por unidad de

superficie no implica tener menores producciones de carne por superficie (Nabinger, 2006b).

Moojen y Maraschin (2002) determinaron que el nivel óptimo de producción de carne por unidad de superficie se dio en torno al 12%, es decir, se dio a la misma oferta donde se maximizan las ganancias individuales por animal.

Nabinger (2006b) establece que, el reducir en cierto grado la carga animal con el objetivo de aumentar la oferta de forraje por animal se corresponde a con un aumento en la producción por área, dado que cada individuo que permanece en el área presenta ganancias individuales significativamente más altas, compensando la menor cantidad de animales por superficie.

Este tipo de manejos, permiten ajustar la carga para así poder aumentar las producciones animales por superficie ajustando la defoliación a los ritmos de crecimiento de la pastura, lo cual promueve una mayor producción de forraje (Boggiano & Zanoniani, 2014).

Este óptimo de oferta de forraje es válido para todos los sistemas de producción sobre campo natural, sin embargo, pueden darse valores diferentes entre sistemas en función de las masas de forraje disponibles, dado que velocidad de acumulación de forraje pueden ser diferentes, dependiendo de las especies que componen el tapiz, fertilidad de suelo, entre otros (Carvalho et al., 2009).

Boggiano y Zanoniani (2014) desarrollan que la producción de forraje no es estática a lo largo del año, sino que hay períodos de relativa abundancia y de escasez de forraje, por lo tanto, es apropiado realizar ajustes de la carga para que se dé el aprovechamiento del forraje producido y la conservación del campo. La utilización a mayores intensidades durante la primavera, pueden promover la frecuencia de especies invernales en aquellos campos donde estas son escasas y a su vez evitar el endurecimiento del campo. Ahora bien, este tipo de prácticas deben ser realizadas con precaución, respetando los periodos de descanso apropiados o periodos con reducción de las cargas en los potreros, para permitir la reproducción de las especies invernales (Boggiano & Zanoniani, 2014).

En un trabajo realizado por Soca et al. (2013), se compararon dos niveles de oferta, alta y baja, sobre el comportamiento de dos rodeos de cría. El tratamiento de alta oferta consistía en una oferta de 10% a 12,5% en primavera, verano y otoño, mientras que en el invierno la oferta era de 7,5%. En el caso del tratamiento de baja, las ofertas empleadas consistían en 5% en primavera y verano, y de 7,5% en otoño e invierno. Los autores observaron que las vacas pertenecientes al tratamiento de alta oferta tenían una CC promedio durante la gestación y al parto superior en comparación a las vacas de baja oferta. A su vez, esta mejora en la oferta se relacionó a una mejora en la probabilidad de preñez y de peso al destete. Esto podría explicarse por un incremento en el consumo de energía, reducción del gasto de energía y mejoras en la eficiencia de uso de la energía.

Por otro lado, Mezzalira (2009) evaluó el comportamiento individual y la producción secundaria por unidad de superficie, mediante la utilización de vaquillonas bajo distintas ofertas de forraje. Este determinó que la mayor producción de carne por hectárea se dio mediante la utilización de combinación de ofertas de 8% en primavera y 12% resto del año y utilizando una oferta fija de 8%, siendo la producción por superficie de 209 kg PV/ha y de 174 kg PV/ha respectivamente, sin presentar diferencias estadísticamente significativas. La menor producción de carne se dio con ofertas muy altas, donde la utilización de 16% de oferta produjo 95 kg/ha. A su vez, la producción de carne del tratamiento sometido 12% de oferta no presentó diferencias estadísticamente significativas con la oferta anterior, donde la producción de carne fue de 127 kg PV/ha.

Con respecto a las ganancias medias de peso vivo anuales, Mezzalira (2009) determinó que las ofertas de 8, 12, 16, presentaron los mayores niveles de ganancia de peso vivo, sin presentar diferencias estadísticas entre sí, siendo la ganancia promedio de 0,232 kg de PV/a/día. La menor ganancia de peso vivo se dio con ofertas de 4% (0,026 kg de PV/a/día); mientras que la oferta de forraje de 8% se presentó como un caso intermedio entre los anteriores, siendo la ganancia media de peso vivo de 0,199 kg de PV/a/día.

En este mismo sentido, Soares et al. (2005) evaluaron el comportamiento de las ganancias medias diarias de distintas ofertas de forraje a lo largo del año. Determinaron que durante la primavera no hubo diferencias estadísticas entre las ganancias de ofertas de 8%, 12% y 16%, siendo las ganancias de peso de 116, 109 y 90 kg/ha; en el verano las mayores ganancias se dieron con ofertas de 12% y con la interacción 8% primavera y

12% en el resto del año, siendo esta de 0,535 kg/d; en el otoño no hubo diferencias estadísticas entre las ofertas, presentando una ganancia media de 0,086 kg/d; por su parte, durante el invierno los animales experimentaron pérdidas de peso de 0,046 kg/d.

2.5. MÉTODOS DE PASTOREO

Parsons (1988) define al pastoreo continuo como aquel método en el cual los animales persisten en una misma área, usualmente extensiva, durante toda la temporada de pastoreo. En este sentido, Smetham (1981) explica que, bajo este método, las pasturas se encuentran sobrepastoreadas en invierno y subpastoreadas en verano y primavera, estaciones en las cuales el ganado es muy selectivo, permitiendo la invasión de especies no deseadas. El autor explica que para que este desajuste en la carga no se dé, se debe aumentar o disminuir la dotación en función de la disponibilidad del pasto, ajuste que en la práctica pocas veces se realiza.

El pastoreo rotativo es aquel que se dispone días de descanso posteriores al pastoreo, lo que le permite a la pastura descansar por un determinado tiempo, recuperando sus reservas y pudiendo rebrotar nuevamente (Reinoso & Soto, 2006). Parsons (1988) acota que cada periodo de descanso termina con un pastoreo relativamente corto.

2.5.1. En la producción primaria

Los descansos de las pasturas que se dan mediante la utilización de sistemas de pastoreo rotativos permiten una mejor recuperación de los tejidos fotosintéticos de las plantas y sus rebrotes no son consumidos de forma inmediata; a su vez, estos periodos de descanso pueden permitir la floración y semillazón de las especies que componen el tapiz natural (Berretta, 2005). En este sentido, Berretta (2005), al comparar una pastura natural sometida bajo un método de pastoreo continuo y otro rotativo, a iguales cargas, encontró que el sistema rotativo tuvo una producción de materia seca mayor al sistema de pastoreo continuo, siendo esta superioridad del orden de 11%, donde el autor atribuye este aumento a los días de descanso.

Por su parte, Berretta (2005) evaluó el comportamiento de la tasa de acumulación de forraje en función de los días de descanso. Este determinó que, a medida que aumentan los días entre dos cortes consecutivos, la tasa de crecimiento disminuye. Sin embargo, si

bien la tasa de crecimiento es menor con descansos largos, en este trabajo la mayor producción total de materia seca se dio con los mayores días de descanso.

Ayala y Bermúdez (2005) observaron que incrementar los días de descanso de 30 a 90 días, permite aumentar la producción de materia seca; mientras que descansos superiores a 90 días no se relacionan a aumentos de producción, marcando en cierto grado un límite en los días de descanso que favorecen la producción de forraje, debido a que el sombreado y envejecimiento de la pastura terminan afectando el proceso de acumulación de forraje. De este modo, establecieron que el largo del periodo de descanso es determinante en la capacidad de producción de materia seca.

En este sentido, De Souza et al. (1989) determinaron diferencias entre la producción de forraje al comparar un sistema de pastoreo continuo contra sistemas rotativo, donde en este último se emplearon 5 tratamientos que se diferenciaban en los días de descansos, siendo estos de 21, 35, 49, 63 y 77 días. Las producciones de forraje promedios de los años de evaluación fueron de 3753 kg de MS/ha en el caso de continuo y de 4365, 4047, 3962, 4400 y 3873 kg de MS/ha, para 21, 35, 49, 63 y 77 días de descanso respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por Armúa (2013), quien observó que el aumento de los días de descanso se corresponde con aumentos en la producción de materia seca, donde el pasaje de 20 a 80 días de descanso permitió la acumulación promedio de 2300 kg de MS/ha. Por otro lado, este autor observó que los días de descanso tienen efectos diferentes en función de los suelos. Las zonas de laderas altas y medias presentaron las mismas respuestas, incrementando con aumentos decrecientes la producción de materia seca a medida que se incrementan los días de descanso, logrando el máximo de producción entorno a los 60 días de descanso; por su parte la zona correspondiente a los bajos presentó una disminución en su producción primaria al pasar de 20 a 40 días de descanso, para luego volver a aumentar su producción logrando el máximo a los 80 días de descanso.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta el efecto del año sobre la producción primaria, la cual puede disminuir la magnitud del impacto de los días de descanso sobre la producción de materia seca, llevando a que estos sean menos relevantes, causando incluso que, en algunos casos, las mayores frecuencias de pastoreo son las que logran promover una mayor producción de forraje (Saldanha, 2005).

Berretta et al. (1990) observó que mediante la utilización de métodos de pastoreo continuo la producción en promedio de forraje del campo natural fue de 3968 kg de MS/ha al año, mientras que el sistema pastoreo rotativo la producción de materia seca de forraje promedio fue de 4213 kg de MS/ha. Estos resultados muestran la misma tendencia que los encontrados por Formoso y Gaggero (1990), quienes determinaron que los sistemas rotativos, independientemente de la relación lanar/vacuno empleada, presentaron una producción de forraje total mayor a la que presentaron los sistemas de pastoreo continuo.

Boggiano et al. (2005) evaluaron la producción de forraje en función de los días de descanso, para dos zonas topográficas, ladera y bajo. Estos autores determinaron que la producción de forraje en las laderas fue de 4214, 5066, 4805 y 4819 kg de MS/ha, para frecuencias de pastoreo de 20, 40, 60 y 80 días respectivamente. En el caso de los bajos la producción de forraje fue de 4976, 6059, 6838 y 7706 kg de MS/ha, para frecuencias de pastoreo de 20, 40, 60 y 80 días respectivamente. Se observó un claro aumento en la producción de forraje conforme aumentan los días de descanso, viéndose el mayor impacto cuando se pasa de 20 días de descanso a 40 días. Los autores observaron que existieron diferencias dependiendo los días de descanso y la zona topográfica. En ladera, cuando se pasó de 20 a 40 días o más de descanso, se vio un aumento en la producción. A su vez, la producción invernal se vio incrementada a medida se disminuía la frecuencia de pastoreo, sin disminuir la calidad de la pastura. En la zona baja, hubo una similar respuesta en el incremento de días de descanso, viéndose una respuesta aún más marcada que en ladera en invierno y verano, dado por una mayor influencia de especies estivales con un mayor tamaño.

Por otra parte, Boggiano y Zanoniani (2014) expresan la relación que se da entre la radiación fotosintéticamente activa (PAR) absorbida en función de los días de descanso y cómo estos interaccionan con la intensidad de forraje. Los autores presentan que a medida que aumentan los días de descanso, la radiación fotosintéticamente activa absorbida aumenta. A su vez, ofertas de forraje más bajas (4%), es decir intensidades de pastoreo mayores, determinan un índice de área foliar remanente menor, lo que lleva a que la radiación PAR absorbida nunca llegue a ser igual que a ofertas mayores (9% y 12%). En este sentido, ante ofertas de 4%, la fotosíntesis siempre va a ser limitante en la producción de forraje, más allá de los días de descanso que se dispongan.

Briske et al. (2008) presentan que no es mejor el sistema rotativo que el continuo, fundamentando que las comparaciones que llevan a estas conclusiones se basan en buenos pastoreos rotativos y malos pastoreos continuos. A su vez, Sampson (1951) y Heady (1961, como se cita en Briske et al., 2008), exponen que hay poca o ninguna ventaja del rotativo por sobre el continuo tanto en producción primaria como secundaria.

2.5.2. En la composición florística del tapiz natural

Boggiano et al. (2005), en su evaluación sobre la respuesta a manejos de intervención crecientes en campo natural, con una relación de 3 ovejas por cada vacuno, encontraron efectos significativos en la implementación de días de descanso. Las malezas y las leguminosas fueron los grupos de plantas más afectados al pasar de un sistema de pastoreo continuo a uno rotativo. Las leguminosas aumentaron un 400% en las zonas bajas y un 250% en las laderas, mientras que la frecuencia de malezas disminuyó en los sistemas que incluían días de descanso. Además, los autores destacaron que el pastoreo continuo favorece la formación de un tapiz de doble estructura, en el que, en el estrato inferior, predominan las malezas enanas, mientras que en el estrato superior se encuentran malezas de campos sucio, lo que reduce la producción de forraje. En este sentido, los autores subrayan que, en sistemas de manejo rotativo, los pastoreos más frecuentes contribuyen a una reducción notable de malezas.

Según Berretta (2005) y Millot (1991), indican que bajo método de pastoreo continuo se favorecen las especies postradas, como *Axonopus spp.* o *Paspalum notatum*, mientras que si se disponen periodos de descanso se van a favorecer especies cespitosas como *Paspalum dilatatum* o *Stipa setigera*, al mismo tiempo que sombrean a las postradas. A su vez el pastoreo rotativo promueve el aumento de la frecuencia de especies ordinarias como *Schizachyrium spicatum* y *Paspalum plicatulum*, aumentando a su vez su capacidad de acumulación de hojas y cañas viejas (Berretta, 2005). En cambio, estas dos últimas especies presentan un comportamiento distinto al ser sometidas a pastoreo continuo; *Schizachyrium spicatum* mantiene su frecuencia con ciertas variaciones en el tiempo, mientras que *Paspalum plicatulum* tiende a reducir significativamente su frecuencia de aparición, dada su escasa capacidad de adaptación a este sistema de pastoreo (Berretta, 2005).

En este sentido, Boggiano et al. (2005) plantean que, bajo método rotativo, al aumentar los días de descanso, las especies postradas disminuyen su frecuencia al

disminuir la frecuencia de pastoreo a favor de las cespitosas. Estas últimas aumentan al aumentar los días de descanso debido a su habilidad de competir por luz respecto a las postradas. En tal sentido, descansos prolongados permiten el aumento de la frecuencia de aparición de las gramíneas erectas más productivas, aunque decaen fácilmente su calidad cuando son sometidas a descansos excesivos (Ayala & Bermúdez, 2005).

Otro factor influyente en la composición botánica que se combina con los días de descanso es la zona topográfica (Boggiano et al., 2005). Los autores anteriores demuestran que, en zonas bajas, periodos prolongados de descanso en verano provocan la dominancia de especies como *Paspalum quadrifarium*. Pastoreos intermedios a frecuentes favorece el crecimiento de cespitosas en estas zonas. A su vez, se destaca que, en ladera, en pastoreos frecuentes las plantas cespitosas pueden verse debilitadas debido a estrés energético, lo que favorece la colonización de plantas postradas, malezas enanas y malezas de campo sucio, que poseen ventaja frente al pastoreo gracias a mecanismos de escapes o tolerancia al pastoreo.

Berretta et al. (1999) atribuye al pastoreo continuo la disminución de especies invernales, debido al impedimento de la floración y semillazón de estas especies. Asimismo, Boggiano et al. (2005) proponen que la relación invernales/estivales tienden a aumentar con manejos con frecuencias de 80 días en invierno y primavera temprana y más frecuentes en verano. Por otro lado, Formoso y Gaggero (1990) determinaron que el sistema de pastoreo empleado no tiene un efecto marcado sobre los componentes vegetales que explican la producción invernal, encontrando diferencias más notorias entre sistemas de pastoreos en las demás estaciones, principalmente en verano y otoño.

Gomes (1996) observaron que especies cespitosas como *Andropogon lateralis* se veían favorecidas con los días de descanso que se dan entre dos pastoreos consecutivos, mientras que especies de hábito postrado como *Paspalum notatum* se veían desfavorecidas por este tipo de manejos. Estos descansos favorecen a las especies cespitosas, a las gramíneas invernales y a las leguminosas nativas.

De Souza et al. (1989) evaluaron cómo varía la composición botánica al comparar un sistema de pastoreo continuo contra un sistema rotativo con 21, 35, 49, 63 y 77 días de descanso. Estos autores encontraron que especies como *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum*, *Desmodium incanum* y *Piptochaetium montevidense* eran comunes a ambos

métodos de pastoreo, donde las tres primeras especies mencionadas mostraron una tendencia de comportamiento similar, presentando una mayor frecuencia de ocurrencia en las estaciones de verano y otoño, decreciendo hacia la primavera dado el sombreado que realizan las especies de mayor porte. El tratamiento que consistía en 35 días de descanso fue el que presentó una menor proporción de especies postradas como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*. A su vez, observaron que la frecuencia de especies de interés como *Coelorhachis selloana*, *Paspalum plicatulum* y *Setaria geniculata* aumentaban significativamente su frecuencia de aparición en el sistema rotativo con 35 días de descanso, siendo este aumento mayor al de la frecuencia de las especies más comunes en este tipo de tratamientos. No obstante, los autores observaron un aumento de especies indeseables como *Eryngium horridum*, *Veronica nudiflora*, *Aristida leavis* y *A. jubata* independientemente del sistema de pastoreo y días de descanso con el transcurso de los años. En todos los tratamientos observaron un aumento en los niveles de suelo desnudo y de mantillo.

Así mismo, Rosito y Maraschin (1984) establecen que la especie *Piptochaetium montevidensis* se ve favorecida en sistemas rotativos, presentando un aumento en su frecuencia de aparición a medida que aumentan los días de descanso. Estos autores también establecen que *Paspalum plicatulum* tiende a aumentar su frecuencia ante aumentos en los días de descanso.

Berretta et al. (1990) observaron que las especies estivales son las más frecuentes, independientemente del método de pastoreo. En los sistemas de pastoreo continuo las especies estivales e invernales logran realizar un mayor recubrimiento total del suelo con respecto a los sistemas de pastoreo rotativo, donde las principales especies estivales relevadas fueron *Andropogon ternatus*, *Aristida uruguayensis*, *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Schizachyrium spicatum*, mientras que las principales especies invernales estuvieron representadas por *Ciperáceas* y *Stipa setigera*. A su vez, encontraron que, en los sistemas de pastoreo continuo, donde las condiciones de pastoreo llevan a que el tapiz vegetal presente una menor altura y densidad, causando que los pastos de tipo productivo tiernos sean los que realizan el mayor recubrimiento del suelo y, por lo tanto, los mayores aportes a la producción total de forraje. En este sistema de pastoreo el segundo tipo productivo que realizaba el mayor aporte de forraje eran especies ordinarias, como *Paspalum plicatulum* y *Schizachyrium spicatum*. Luego

seguían especies de tipo productivo fino y, por último, malezas. En cambio, en los sistemas de pastoreo rotativos, los pastos ordinarios y tiernos son los que realizaron el mayor aporte de forraje. A diferencia de lo que ocurrió en el continuo, los autores exponen que en el pastoreo rotativo dominaron especies de tipo productivo ordinario, asociado a los periodos de descanso. *Schizachyrum spicatum* y *Paspalum plicatulum* aumentan significativamente su frecuencia dada la acumulación de restos secos que reducen su apetecibilidad y la de otras especies que se encuentran protegidos por estos restos. En el pastoreo continuo las especies más frecuentes fueron *Andropogon ternatus*, *Schizachyrium spicatum*, *Aristida uruguayensis* y *Stipa setigera*. En el caso del pastoreo rotativo las especies más frecuentes son similares a las de continuo, sin embargo, presentan una mayor frecuencia de *Bothriochloa laguroides* y *Paspalum notatum*. En general, se observó una mayor proporción de suelo desnudo en los sistemas de pastoreo continuos. De todos modos, los autores observan un aumento en la proporción de suelo desnudo en ambos sistemas de pastoreo en invierno e inicios de primavera dada la reducción del crecimiento de las especies invernales y disminución de la disponibilidad de forraje.

Por otro lado, Formoso y Gaggero (1990), cuando compararon la composición botánica que explicaba la producción de materia seca entre sistemas de pastoreo contrastantes, ante una relación lanar/vacuno de 2:1, observaron que, en el sistema de pastoreo continuo, se registró un avance significativo de las especies no gramínea llegando a aportar casi que en igual proporción a las especies gramíneas. Este comportamiento no se dio en los tratamientos diferidos, donde el 60% del aporte de forraje lo realizaban especies gramíneas, mientras que el restante 40% era realizado por especies. No obstante, en relaciones de lanar/vacuno 5:1 no se encontraron diferencias entre sistemas de pastoreo con respecto a la proporción de especies gramíneas y no gramíneas

2.5.3. En la producción animal

Resultados obtenidos por Formoso y Gaggero (1990) muestran la relevancia que recae sobre el efecto de la producción de las pasturas en relación a la ganancia de peso vivo de los vacunos, especialmente de las categorías más jóvenes, mostrando así la sensibilidad de estos al aporte de forraje de buena calidad, proporcionado en la mayoría de los casos por una buena tasa de rebrote en las estaciones de máximo crecimiento.

En el trabajo realizado por Ayala y Carámbula (1995), dentro de la Unidad Experimental “Palo a Pique” de INIA Treinta y Tres, se evaluó a lo largo de un año el comportamiento de la dinámica animal bajo dos métodos de pastoreo, siendo estos continuo y rotativo.

Los tratamientos diseñados por estos autores fueron cuatro, donde se utilizaban dos cargas para cada método de pastoreo. En el caso del pastoreo continuo las dotaciones utilizadas fueron de 0,92 y 1,07 UG/ha mientras que en el caso del sistema rotativo las dotaciones empleadas fueron de 0,75 y 0,92 UG/ha. A su vez, en ambos casos los tratamientos involucran el uso de una relación lanar/vacuno 2:1.

Los bovinos utilizados correspondían a novillos Hereford de año y medio y en el caso de los ovinos se utilizaron capones Corriedale de 2 a 4 dientes.

Al analizar el peso final de los novillos, Ayala y Carámbula (1995) no hallaron diferencias estadísticamente significativas, ni entre métodos de pastoreos ni entre las cargas utilizadas, donde a lo largo del año de evaluación la producción por animal fue de 90 kg.

Ayala y Carámbula (1995) desarrollan que las ganancias individuales promedio a lo largo del año fueron iguales entre los distintos tratamientos, presentando una leve diferencia en el verano a favor del tratamiento continuo de baja carga que le permitió tener una ganancia individual levemente superior a los otros tratamientos. La dinámica estacional de las ganancias individuales promedio fueron las siguientes: 0,260 kg/d en otoño, 0,850 kg/d en primavera y verano 0,380 kg/d, mientras que en el invierno los animales experimentaron pérdidas de 0,277 kg/d. Respecto a la producciones por hectárea, en este primer año de implantación del experimento los autores tampoco encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni entre las cargas utilizadas.

La misma tendencia fue encontrada por Ayala y Bermúdez (2005), quienes no encontraron diferencias significativas en la producción de carne por unidad de superficie al comparar ambos métodos de pastoreo. Estos autores sólo encontraron diferencias dentro de cada método de pastoreo al variar la carga utilizada. En el sistema rotativo, el incrementar la carga presentó una disminución en la producción vacuna por hectárea; por otro lado, los sistemas continuos mostraron una tendencia positiva ante incrementos de la

carga. Los novillos empleados en el trabajo experimentaron ganancias promedio de los tratamientos entre 0,184 y 0,327 kg PV/animal/día.

Según García de Souza et al. (1989, como se cita en Boggiano & Zanoniani, 2014) la producción animal, bajo pastoreo continuo y bajo pastoreo rotativo con 28 y 42 días de descanso, fueron de 0,272 kg/an/día, 0,298 kg/an/día y 0,229 kg/an/día, respectivamente. A su vez, las ganancias por hectárea mostraron el mismo comportamiento, siendo la mayor para rotativo con 28 días de descanso con 214 kg/ha, luego rotativo con 42 días de descanso con 171 kg/ha y por último el continuo con una producción de 164 kg/ha. Es de resaltar que estos resultados son bajo una oferta de 8%.

Por otro lado, De Souza et al. (1989) estudiaron el comportamiento de la producción animal en un sistema de pastoreo continuo contra pastoreo rotativo, con diferentes días de descanso, siendo estos 21 y 35 días entre un pastoreo y otro. Estos autores encontraron que el pastoreo continuo fue el sistema que obtuvo menores magnitudes de producción de carne por hectárea (147 kg de PV/ha anuales promedio), no obstante, los mayores niveles de producción secundaria se dieron con 21 días de descanso donde se logró obtener 181 kg de PV/ha promedio anual, mientras que en el caso de 35 días de descanso la producción de carne fue de 158 kg de PV/ha.

A su vez, Figurina et al. (1998) encuentran que, en Basalto, la implementación de 30 días de pastoreo y 60 días de descanso tuvieron un impacto positivo en la ganancia anual en comparación a pastoreos continuos. En este sentido, también hallaron que a mayor carga y relación lanar vacuno (L/V), tuvieron mayor efecto del diferimiento del forraje. Esto se lo atribuyen a una mayor producción de forraje de los potreros comparados con los de continuo, así como una disminución de pérdidas invernales por diferimiento de pasto a esta estación. Las ganancias anuales fueron: 0,186 kg/an/día con carga de 0,8 UG y relación L/V 2:1; 0,332 kg/an/día con carga de 0,8 UG y relación L/V 5:1; 0,229 kg/an/día con carga de 1,06 UG; y 0,223 kg/an/día con carga de 1,06 UG y relación L/V 5:1. Cabe destacar que las ganancias de peso vivo del primer tratamiento no fueron mejores a las de pastoreos continuos.

Gallinal et al. (2016) realizaron una investigación sobre distintos niveles de intervención en campo natural, dentro de la unidad de suelos San Manuel, utilizando novillos Holando durante el periodo verano-otoño, bajo un sistema rotativo. En el

tratamiento de campo natural sin intervención (testigo del trabajo) obtuvieron pérdidas de peso de los animales de una magnitud de 0.010 kg/animal/día, resultando en una leve pérdida total de peso de los animales al finalizar el trabajo.

2.6. EFECTOS DEL MANEJO SOBRE LA CALIDAD DE LAS PASTURAS NATURALES

Ayala y Bermúdez (2005) determinaron que la calidad que presenta el forraje se relaciona negativamente con la disminución de la intensidad de uso de la pastura (aumento de la oferta) y con el aumento en los días de descanso entre dos pastoreos consecutivos.

Moojen y Maraschin (2002) determinaron que el contenido de proteína bruta posee una relación decreciente y negativa con el aumento de la oferta, es decir, al aumentar la oferta de forraje el contenido de proteína de las pasturas disminuye. Esto se debe a que, al aumentar la oferta, las plantas tienen más tiempo para desarrollarse, lo cual se relaciona a una disminución en el contenido de proteína de las estructuras de las plantas; a su vez, también se da un aumento en la cantidad de residuos.

En los sistemas rotativos, a medida que aumentan los días de descanso entre dos pastoreos consecutivos, el contenido de proteína bruta de la pastura disminuye, presentando los mayores contenidos con periodos de descanso en torno a 14 días, mientras que a mayores días de descanso el contenido de proteína bruta de la pastura desciende por debajo de 12% (Berretta, 2005). Siguiendo la misma línea, Ayala y Bermúdez (2005) establecen que el contenido de proteína bruta se reduce de forma significativa cuando los periodos de acumulación de forraje superan los 60 días, siendo reafirmado este dato por Saldanha (2005). En este sentido, largos periodos de descanso y poca presión de pastoreo llevan a una disminución de la calidad de la pastura dada por la maduración de esta. Asimismo, pastoreos muy frecuentes reduce la proporción de células solubles y aumenta los componentes estructurales en plantas jóvenes (Briske et al., 2008).

En estos sistemas rotativos, la disminución del contenido de proteína bruta de la dieta ofrecida al aumentar los días de descanso no solo disminuye por una mayor acumulación de resto secos que se suele dar en este tipo de sistemas (que incluso puede no variar en gran magnitud en función de los días de descanso), sino que, periodos de

descansos más largos permiten que las hojas se desarrollen en mayor medida llevándolas a una pérdida de calidad por cambios en los tejidos de las mismas (Saldanha, 2005).

La digestibilidad de la materia orgánica del campo natural presenta una tendencia similar a la del contenido de proteína bruta según Moojen y Maraschin (2002). Con el aumento de la oferta, esta variable experimenta una disminución en sus magnitudes. Al avanzar el desarrollo de las plantas, la cantidad de tejidos de baja digestibilidad como son las paredes celulares o tejidos lignificados, comienzan a aumentar su proporción, llevando a que las pasturas presenten un menor potencial de digestibilidad (Moojen & Maraschin, 2002). A su vez, el aumento del largo del periodo de descanso de las pasturas se relaciona con una disminución de la digestibilidad de la materia orgánica (Ayala & Bermúdez, 2005).

Esta misma tendencia fue encontrada por Ayala y Bermúdez (2005) y Gomes (1996), donde estos determinaron que la utilización de bajas ofertas que determinan una mayor intensidad de pastoreo lleva a que las pasturas naturales presentan mayores contenidos de proteína bruta y una mayor digestibilidad de la materia orgánica, como consecuencia de una mayor participación de la fracción verde y una menor proporción de material muerto con respecto a la materia seca total.

Esta disminución de la digestibilidad de la materia orgánica con el aumento del largo de los periodos de descanso, están asociadas a variaciones en el contenido de FDA de la pastura; donde esta última aumenta su proporción en relación con la cantidad de tejido total al aumentar los días de descanso (Saldanha, 2005).

A su vez, la calidad de la dieta ofrecida y cosechada por los animales también varían en función del método de pastoreo (Saldanha, 2005). En este sentido, Formoso y Colucci (1999) presentan en su trabajo como fue la calidad de la dieta ofrecida y consumida por los animales bajo dos sistemas de pastoreo: continuo y diferido. Dentro de los resultados presentados, se encontró que el sistema continuo fue el que consiguió ofrecer una dieta que presentaba una calidad estadísticamente superior a la ofrecida por el sistema diferido; sin embargo, la altura y la disponibilidad de materia seca por hectárea eran menores.

Por otra parte, Formoso y Colucci (1999) exponen que los bovinos evaluados en su trabajo no evidenciaron presentar capacidad de selección en ninguno de los dos

sistemas de pastoreo, incluso, los autores observaron que el material cosechado por los animales presentaba una menor calidad que el material ofrecido. Esto se debe a que los bovinos solo son capaces de pastorear plantas de porte erecto o con vainas largas, las cuales tienen la característica de presentar mayor cantidad de tejidos estructurales que las especies que presentan un porte más rastrero, sin embargo, estas últimas escapan a la capacidad de consumo de los bovinos. A su vez, los resultados de estos autores demostraron que la calidad de la dieta ofrecida en ambos sistemas de pastoreo permitiría a los animales cubrir sus requerimientos de mantenimiento y a su vez serían suficientes para permitir la ganancia de peso.

Tendencia similar de resultados fue observada por Formoso (2005), donde este autor observó que, en primavera, el rebrote que se daba en los sistemas continuos presenta una calidad superior al de los sistemas diferidos, dado por especies de bajo porte. Sin embargo, la disponibilidad de la pastura era baja, lo que obligaba a los animales a compensar parte de la dieta a través del consumo de restos secos y de especies duras. Por su parte el autor también establece que los sistemas diferidos si bien suelen presentar una mayor disponibilidad de forraje, este suele ser de menor calidad. Esto lleva a que, dentro de los sistemas continuos, la preferencia y selectividad por parte de los animales permita que las ganancias de peso vivo igualen o superen a las que se dan en los sistemas diferidos.

Contrario a lo anterior, Saldanha (2005) encontró diferencias entre la dieta cosechada por los animales y la que era ofrecida a los mismos, siendo mejor la calidad en el primer caso. A su vez, determina que la capacidad de selección de los animales era mejor cuando la pastura experimentaba un descanso de 40 a 60 días, logrando los mayores contenidos de proteína cruda la dieta cosechada en este rango temporal.

3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

Las condiciones edáficas serán determinantes en la altura de la pastura, la producción de esta y la composición botánica del tapiz natural. A su vez, dentro de cada tipo de suelo habrá respuestas a la oferta y en menor medida al método de pastoreo.

La oferta tendrá efecto sobre la altura de la pastura, disponibles de materia seca, producción primaria y composición botánica. Niveles de oferta altos permitirán mayores niveles de desempeño de la pastura.

La oferta de forraje determinará la respuesta animal, siendo la oferta alta la que permita mayores niveles de producción, no habiendo efecto del método de pastoreo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Condiciones experimentales generales

4.1.1. Ubicación espacio-temporal del experimento

El experimento se realizó en el potrero número 13 de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, ubicada en el km 363 de la Ruta 3 (La32.224967°S; Lo – 58. 31076°O).

El período de estudio comprendió desde el 1° de noviembre del 2023 hasta el 25 de abril del 2024.

El área experimental consta de 37,8 hectáreas, dentro de las cuales los cuatro tratamientos abarcan aproximadamente 9,4 hectáreas cada uno. En los tratamientos que estuvieron bajo método rotativo fueron construidas 14 subparcelas de 0,67 hectáreas en promedio.

4.1.2. Suelos del sitio experimental

Según Bossi et al. (1975) en la Carta de suelos 1:1.000.000, la EEMAC se encuentra sobre la Unidad de Suelos San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos. El potrero donde se desarrolló el experimento presenta suelos del grupo CONEAT 11.3 en su totalidad.

De acuerdo con Durán (1976), en la unidad de suelos San Manuel los Brunosoles Éutricos Típicos son los suelos dominantes. Estos presentan textura limo arcillosa, habiendo suelos superficiales y moderadamente profundos. Los suelos asociados son Brunosoles Éutricos Lúvicos, de textura limosa con fases sódicas, Solonetz Solodizados melánicos de textura franco, y Gleysoles.

En los anexos A y B se presentan la diversidad de suelos dentro del Potrero 13 descritos en la carta detallada de suelos de la EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 24 de abril, 2024). En dichos anexos se expone también la asociación entre las parcelas, en el caso de los tratamientos rotativos, y transectas, para el caso de los tratamientos continuos, con los tipos de suelo.

Los suelos con mayor proporción en los cuatro tratamientos son los Litosoles (con intersecciones de Litosoles Éútricos melánicos) y Brunosoles Éútricos Típicos y Brunosoles Éútricos Háplicos. Los Litosoles Éútricos Melánicos presentan una fertilidad natural alta (Dirección General de Recursos Naturales [DGRN], s.f.a). Es común su aparición en el departamento de Paysandú debido a los materiales parentales. A su vez, los Brunosoles Éútricos Típicos de la unidad San Manuel, suelen ser profundos y con una alta fertilidad natural (DGRN, s.f.b).

4.1.3. Clasificación de las zonas topográficas-edáficas evaluadas

Mediante la utilización de imágenes satelitales (Google, 2024), la Carta de suelos de EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 24 de abril, 2024), posición topográfica y apreciaciones visuales de las características del potrero, se delimitaron tres zonas denominadas: Litosol (L), Media (M) y Bajos (B), los cuales se ilustran en la Figura 1 y se detallan en Anexo C.

Figura 1

Distribución de zonas dentro del sitio experimental y transectas usadas en muestreos



Nota. Elaborado con Google (2024).

4.1.4. Diseño experimental y descripción de tratamientos

A los efectos de evaluar el impacto del manejo sobre las distintas variables de producción primaria y secundaria se establecieron dos métodos de pastoreo, continuo y rotativo, y dos niveles de oferta de forraje, oferta alta en otoño-invierno de 8% (kg MS/100 kg PV) y en primavera-verano de 12% (kg MS/100 kg PV), mientras que la oferta baja corresponde a 4% (kg MS/100 kg PV) en otoño-invierno y 8% (kg MS/100 kg PV) en primavera-verano.

Los factores método de pastoreo y oferta de forraje se dispusieron en un arreglo factorial 2x2, definiéndose cuatro tratamientos para el período de estudio:

- a. Baja oferta y método de pastoreo continuo (CB). Oferta de 8 kg MS cada 100 kg PV.
- b. Alta oferta y método de pastoreo continuo (CA). Oferta de 12 kg de MS cada 100 kg de PV.
- c. Baja oferta y método de pastoreo rotativo (RB). Oferta de 8 kg de MS cada 100 kg de PV.
- d. Alta oferta y método de pastoreo rotativo (RA). Oferta de 12 kg de MS cada 100 kg de PV.

Los tratamientos fueron asignados al azar a las parcelas, que estuvieron distribuidas de manera tal que contengan en similar proporción tanto la zona de bajo, medio y litosol.

En la Figura 2, se ilustra la distribución espacial de los tratamientos y potreros de los tratamientos rotativos.

Figura 2

Mapa de empotramiento del Potrero 13 de la EEMAC



Nota. Elaborado con Google (2024).

4.1.5. Animales experimentales

Los animales con los que se trabajó fueron novillos de raza Holando, sin una franja etaria definida.

Estos se dividieron en tester y volantes (Mott & Lucas, 1952, como se cita en Riewe, 1986). Los primeros son aquellos que se mantienen de forma permanente dentro de cada tratamiento, mientras que los segundos entran o salen del experimento con el objetivo de mantener la oferta de forraje dentro de los niveles objetivos.

Los datos utilizados para evaluar las distintas variables de producción animal fueron extraídos a partir de los tester, dado que estos se han mantenido por un tiempo suficiente que les permite absorber los efectos de cada tratamiento.

El peso vivo medio de los “Tester” a inicio del periodo experimental, para cada tratamiento, fueron: 356 kg (CA), 336 kg (CB), 324 kg (RA) y 341 kg (RB).

Todos los animales experimentales estuvieron libres de enfermedades y el que hubiere sufrido algún tipo de patología fue eliminado de las evaluaciones de desempeño animal.

4.1.6. Caracterización de las condiciones climáticas del periodo de estudio

Los datos de temperatura, precipitaciones y de evapotranspiración dados para el periodo experimental fueron extraídos de la estación meteorológica automática de la EEMAC.

El Balance Hídrico fue realizado bajo la propuesta de Thornthwaite y Mather (1957). A los efectos de la estimación de la evapotranspiración potencial (ETP) se utilizó un coeficiente de cultivo (Kc) de 0,9 (Jia et al., 2009). A su vez, se utilizó una capacidad de almacenaje de agua disponible (CAAD) promedio de 86 mm (Molfino & Califra, 2001).

4.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

4.2.1. Períodos de muestreo

Los muestreos de todas las variables estudiadas, se realizaron de manera mensual. En función de estos, se determinaron 5 subperiodos de estudios:

- 1) 1/11/2023- 8/12/2023;
- 2) 8/12/2023 - 17/1/2024;
- 3) 17/1/2024 - 23/2/2024;
- 4) 23/2/2024 - 21/3/2024;
- 5) 21/3/2024 - 25/4/2024.

Para el análisis de las variables animales se suprimió el periodo 4 debido a que los pesos vivos relevados en marzo no eran representativos de la evolución del peso vivo de los animales. En este sentido, el último periodo construido para estas variables abarcó desde el 23/2/2024 hasta el 25/4/2024.

4.2.2. Caracterización de la pastura

4.2.2.1. Altura de la pastura

La medición de alturas en los tratamientos de pastoreo continuo se realizó siguiendo trayectorias georreferenciadas (transectas) (Figura 1). En cada periodo de muestreo, las mediciones comenzaron desde el mismo punto. Sobre las transectas se realizaron 300 mediciones de altura por periodo de muestreo. Para estas mediciones se registró la altura de la lámina verde más alta de una macolla vegetativa que contactaba con la regla (Barthram, 1986).

En los tratamientos bajo método rotativos se realizaron 15 medidas de altura al azar por cada parcela del tratamiento. En función del disponible y de la oferta de cada tratamiento se determinó los días de ocupación de cada parcela.

4.2.2.2. Materia seca presente

La materia seca presente en kg/ha, se estimó mediante la altura promedio de la pastura por zona que se multiplicó por los coeficientes que relacionan kg de MS /ha y cm altura (Tabla 1).

Para determinar los coeficientes (kgMS/cm), se utilizaron las determinaciones de altura y cortes dentro de jaulas de exclusión de pastoreo instaladas para medir crecimiento de la pastura; las cuales estaban asociadas a distintas comunidades botánicas y tipo de suelo. Había 7 en el tratamiento continuo de alta oferta y 8 en el de baja oferta.

Dentro de las jaulas en un aro de 0,39 m de diámetro se realizaron entre 5 o 6 mediciones de altura y posteriormente se cortó el tapiz dentro de dicho aro al ras del suelo, mediante la utilización de una tijera manual.

Luego de haber medido la altura y cortado la masa de forraje de la jaula, se reubicó en una zona cercana al punto anterior, donde la comunidad vegetal fuera similar en composición botánica a la que se hallaba anteriormente. Para estimar la cantidad de materia seca presente en el sitio de reubicación, se realizó mediciones de altura y cortes del pasto en un área apareada cercana y de similares características a donde se reubicó la jaula.

Las muestras fueron pesadas en fresco y luego se colocaron en una estufa de aire forzado, con temperaturas entre 60° y 70° durante 48 horas, pudiéndose determinar así su peso seco, el cual permitió estimar la cantidad de materia seca por hectárea.

En base a los datos de altura y peso seco de los cortes de jaula se ajustó una regresión entre ellas, determinando así los kg de MS/cm de altura/ha. Esta se realizó en función de la zona topográfica-edáfica y de la oferta de forraje, no pudiéndose contemplar el método de pastoreo debido a que dentro de los tratamientos rotativos no había jaulas de exclusión.

Dada la gran homogeneidad de las variables climáticas del periodo de estudio, y de que los intervalos de confianza para el coeficiente de regresión de cada periodo se superponían, por lo cual se consideran que no son diferentes, se ajustó una ecuación única para todo el periodo de evaluación (Tabla 1). En el caso de la zona de Litosol, se creó una única ecuación que no discriminaba los niveles de oferta.

Tabla 1

Relación entre kg MS por hectárea y centímetro de altura según ofertas de forraje y zonas

Zona	Alta oferta (kg MS/cm/ha)	Baja oferta (kg MS/cm/ha)
Bajo	162,25	168,31
Medio	169,14	158,59
Litosol	217,16	217,16

Esta relación fue utilizada en los tratamientos rotativos para estimar la materia seca presente, multiplicando la altura de la pastura en cada tratamiento por la relación entre kg MS/cm/ha.

4.2.2.3. Materia seca acumulada y tasa de crecimiento

En los tratamientos continuos la materia seca acumulada en el período fue estimada con jaulas de exclusión de pastoreo, a partir de la diferencia entre la cantidad de MS acumulada dentro de la jaula y la presente al inicio del periodo en una muestra apareada fuera de la jaula. El crecimiento total acumulado en el periodo dividido por la cantidad de días del periodo de crecimiento representa la tasa de crecimiento diario (kg/ha/d).

Para los tratamientos rotativos, la cuantificación de la tasa de crecimiento se estimó directamente a partir de la materia seca acumulada entre dos pastoreos consecutivos de las subparcelas de cada tratamiento. Se calculó la diferencia entre la cantidad de materia seca presente a la entrada del pastoreo en la parcela, respecto al remanente de salida del pastoreo inmediato anterior, obteniendo la MS acumulada y dividido por los días de descanso que hubo entre dos pastoreos sucesivos se obtuvo la tasa de crecimiento.

4.2.2.4. Disponible de materia seca

En cada periodo de evaluación, en función de la zona, se sumó la materia seca presente a la tasa de crecimiento por la cantidad de días de cada periodo.

4.2.2.5. Utilización de la pastura

Se estimó como la relación porcentual entre la materia seca desaparecida y la materia seca disponible en cada subperiodo. La materia seca desaparecida se estima como la diferencia entre la materia seca disponible del subperiodo y la materia seca presente al final del subperiodo.

4.2.2.6. Composición botánica

El muestreo correspondiente a esta variable fue realizado el 17 de enero de 2024, basándose en el método BOTANAL propuesto por Tothill et al. (1992). Para la realización del mismo se utilizó un aro de 0,39 m de diámetro y una planilla donde se encuentran los parámetros y la construcción de grupos de especies a determinar (Anexo F). Se realizaron 60 muestras por cada tratamiento, en puntos georreferenciados. En los tratamientos continuos, los puntos se encontraban sobre las transectas descritas para las mediciones mensuales de altura. Por otra parte, en los tratamientos rotativos, se tomaron 10 puntos equidistantes sobre las parcelas 1,2,7,8,13 y 14, contemplando así los tres tipos de suelo sobre los que se desarrolló el experimento.

En cada punto de muestreo se estimó visualmente la presencia de los grupos botanales definidos, así como también el porcentaje de suelo desnudo, la relación verde/seco, el porcentaje de malezas y se midió la altura de esa comunidad. Estos datos fueron ingresados a una planilla de cálculo, obteniéndose los kg de MS/ha presente por grupo botanal y su proporción en la biomasa total.

4.2.3. Determinación de la Oferta de forraje

La oferta de forraje se determinó mensualmente. En este sentido, los animales fueron pesados en ayuno de 10-12 horas, de modo tal que el peso no estuviera influido por la ingesta de alimento ni agua.

Por otra parte, se realizó la estimación de la materia seca disponible, como fue previamente descrito.

Para mantener las cargas correspondientes a cada tratamiento se utilizó la técnica “*Put and take*” (Mott & Lucas, 1952 como se cita en Riewe, 1986), donde los animales volantes fueron rotando entre los tratamientos. Esta carga se determinó a través de la oferta objetivo de cada tratamiento y la disponibilidad de materia seca promedio.

4.2.4. Caracterización la productividad animal

4.2.4.1. Manejo de animales

En los tratamientos continuos los animales se encontraron de forma permanente sobre las 9,4 ha correspondientes a cada tratamiento, durante todo el periodo de evaluación. Por su parte, en los tratamientos rotativos, los animales pastorearon dentro de subparcelas, siendo rotados entre estas cada 2 a 3 días, de acuerdo con la disponibilidad de materia seca de la parcela.

4.2.4.2. Carga animal

Esta variable fue determinada mediante la utilización de las pesadas mensuales de los animales, considerando a los tester y a los volantes. Se expresó en unidades ganaderas por hectárea (UG/ha) y en animal/día/ha.

4.2.4.3. Ganancia media diaria

Para la estimación de esta variable se calculó la diferencia de peso vivo entre fin e inicio de cada subperíodo, dividido la duración en días de este. Los resultados fueron expresados en kg/animal/día.

4.2.4.4. Ganancia de peso vivo del periodo de evaluación

Este se estimó como la diferencia del peso vivo de fin del periodo de experimentación respecto al peso vivo inicial del experimento. Se expresó como ganancia de peso por animal (GPV/a) y por hectárea (GPV/ha). Para esto se multiplicó la ganancia de peso por la carga expresada en animales/día/ha.

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.3.1. Variables de la pastura

El modelo estadístico para el análisis asociado a la pastura, correspondiente a un diseño completamente aleatorizado, es:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + O_j + Z_k + (MO)_{ij} + (MZ)_{ik} + (OZ)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:

Y_{ijk} : Variable aleatoria dependiente

μ : Efecto de la media general

M_i : Efecto del i-ésimo nivel de método de pastoreo

O_j : Efecto del j-ésimo nivel de oferta de forraje

Z_k : Efecto del k-ésimo nivel de la zona

$(MO)_{ij}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de método y el j-ésimo nivel de oferta de forraje

$(MZ)_{ik}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de método y el k-ésimo nivel de zona

$(OZ)_{jk}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de oferta y el k-ésimo nivel de zona

ε_{ijk} : Error experimental entre ijk

La triple interacción no fue analizada y quedó como componente del error.

Para la variable altura, producción primaria, disponibilidad de materia seca y tasa de crecimiento se ajustaron modelos de regresión para la media y desvío, analizando la variable en el total del periodo experimental, así como también agrupando en cinco subperiodos.

La comparación entre tratamientos se realizó a través de la media, lo que puede suponer sub y sobreestimaciones de la variable, perdiendo representatividad.

Para la composición botánica de la materia seca presente, realizada a través del método Botanal (Tothill et al., 1992), se realizó un análisis de conglomerados, con el aplicativo InfoStat, de modo tal que se tuviera un panorama cualitativo de dicha composición. Este análisis de conglomerados contempló la proporción (%) de cada grupo botanal en la participación de la MS presente, siendo las variables de clasificación la oferta y el método de pastoreo, realizándose tres análisis, uno para cada zona.

Se realizaron análisis de la varianza (ANAVA) y contrastes de medias mediante el test de Tukey, con un nivel de significancia de 10%, para las variables altura, disponibilidad de materia seca, utilización de la MS y composición botánica. En primer lugar, se analizaron las interacciones entre factores. Si no se detectaron interacciones significativas, se procedió a realizar el análisis de los factores de manera individual.

4.3.2. Variables de la producción animal

El modelo estadístico para el análisis asociado a los animales, correspondiente a un diseño completamente aleatorizado, incluyendo covariable de peso vivo al inicio centrada, es:

$$Y_{ij} = \mu + M_i + O_j + (MO)_{ij} + \beta_1 (PVI_{ij} - \overline{PVI}) + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

Y_{ij} : Variable aleatoria dependiente

μ : Efecto de la media general

M_i : Efecto del i-ésimo nivel de método de pastoreo

O_j : Efecto del j-ésimo nivel de oferta de forraje

$(MO)_{ij}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de método y el j-ésimo nivel de oferta de forraje

β : Coeficiente de regresión de la co-variable PV al inicio centrada

ε_{ij} : Error experimental para ij .

Las ganancias medias diarias y producción secundaria en todo el periodo se analizaron a través del análisis de la varianza (ANAVA) y su correspondiente Test de Tukey con un nivel de significancia al 10%.

Por otra parte, debido a la falta de repetición, no se realizó análisis de varianza de la producción total de carne por hectárea. Sin embargo, se expuso y se discutió en resultados esta variable.

4.4. HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS

4.4.1. Modelo estadístico asociado a la pastura

Las hipótesis estadísticas correspondientes son:

Hipótesis referidas al efecto principal del método de pastoreo:

$$H_0: M_C = M_R$$

$$H_a: M_C \neq M_R$$

Hipótesis referidas al efecto principal nivel de oferta de forraje:

$$H_0: O_A = O_B$$

$$H_a: O_A \neq O_B$$

Hipótesis referidas al efecto principal de la zona:

$$H_0: Z_L = Z_M = Z_B$$

$$H_a: Z_L \neq Z_M \neq Z_B$$

Hipótesis referidas al efecto interacción método de pastoreo y nivel de oferta de forraje:

$$H_0: (MO)_{ij} = (MO)_{ij}$$

$$H_a: (MO)_{ij} \neq (MO)_{ij}$$

Hipótesis referidas al efecto interacción método de pastoreo y zona:

$$H_0: (MZ)_{ij} = (MZ)_{ij}$$

$$H_0: (MZ)_{ij} = (MZ)_{ij}$$

Hipótesis referidas al efecto interacción zona y nivel de oferta de forraje:

$$H_0: (ZO)_{ij} = (ZO)_{ij}$$

$$H_a: (ZO)_{ij} \neq (ZO)_{ij}$$

Se exponen en la Tabla 2 las fuentes de variación y grados de libertad (g.l) de los modelos estadísticos relacionados a la pastura, para la variable altura (cm), producción primaria (kg MS/ha), Disponibilidad de materia seca (kg MS/ha), Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día) y utilización (% del disponible).

Tabla 2

Composición de los g.l. para el modelo estadístico asociado a la pastura

Fuente de variación	Alturas	Producción primaria	Disponibilidad de MS	TC	Utilización
	g.l	g.l	g.l	g.l	g.l
Método (M)	1	1	1	1	1
Oferta (OF)	1	1	1	1	1
Zona (Z)	2	2	2	2	2
M x OF	1	1	1	1	1
M x Z	2	2	2	2	2
OF x Z	2	2	2	2	2
EE	40	33	40	30	40
Total	49	42	49	39	49

4.4.2. Modelo estadístico asociado a los animales

Las hipótesis estadísticas correspondientes son:

Hipótesis referidas al efecto principal método de pastoreo:

$$H_0: M_C = M_R$$

$$H_a: M_C \neq M_R$$

Hipótesis referidas al efecto principal nivel de oferta de forraje:

$$H_0: O_A = O_B$$

$$H_a: O_A \neq O_B$$

Hipótesis referidas al efecto interacción método de pastoreo y nivel de oferta de forraje:

$$H_0: (MO)_{ij} = (MO)_{ij}$$

$$H_a: (MO)_{ij} \neq (MO)_{ij}$$

En la Tabla 3 se exponen las fuentes de variación y grados de libertad (g.l) correspondientes al modelo estadístico relacionado a la producción animal, siendo la variable presentada Ganancia de peso vivo total (kg PV/animal).

Tabla 3

Composición de los g.l. para el modelo estadístico asociado a los animales

Fuente de variación	g.l
Método (M).	1
Oferta (OF).	1
Peso inicial	1
OF x M	1
EE	46
Total	50

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

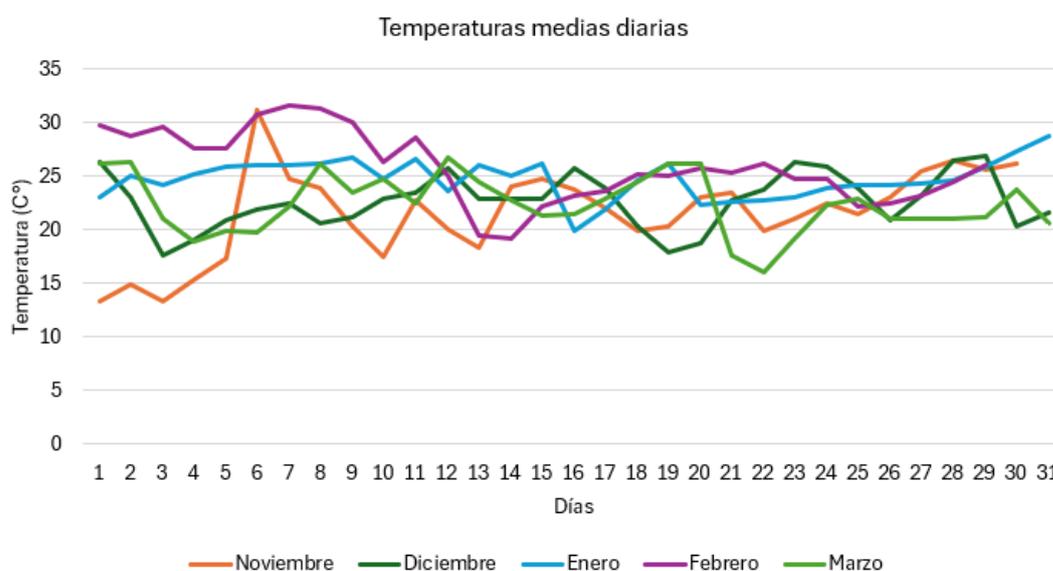
De acuerdo con la clasificación climática de Peel et al. (2007), Uruguay presenta un clima templado subtropical húmedo, donde no hay estación seca y las precipitaciones están bien distribuidas en el año, con un verano caluroso, que presenta una temperatura media superior a 22°C.

La temperatura media para el mes de noviembre fue de 21,3°C, diciembre fue de 22,4°C, para enero 25,8° C, para febrero 24,6°C, para marzo 22,5° C y abril 18,4°C. Dichas temperaturas, siguen el comportamiento de la media correspondiente para cada mes determinada por el Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, s.f.).

En este sentido, durante el periodo de estudio, el mes que presentó la mayor temperatura media fue el mes de febrero, mientras que las mínimas temperaturas se dieron en el mes de abril. Por su parte, las temperaturas más elevadas de cada mes, tendió a darse durante el transcurso de la primera decena de días del mes (ver Figura 3).

Figura 3

Temperatura media diaria de los meses de noviembre a abril



Nota. Construido a partir de datos de la Estación meteorológica EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 20 julio, 2024).

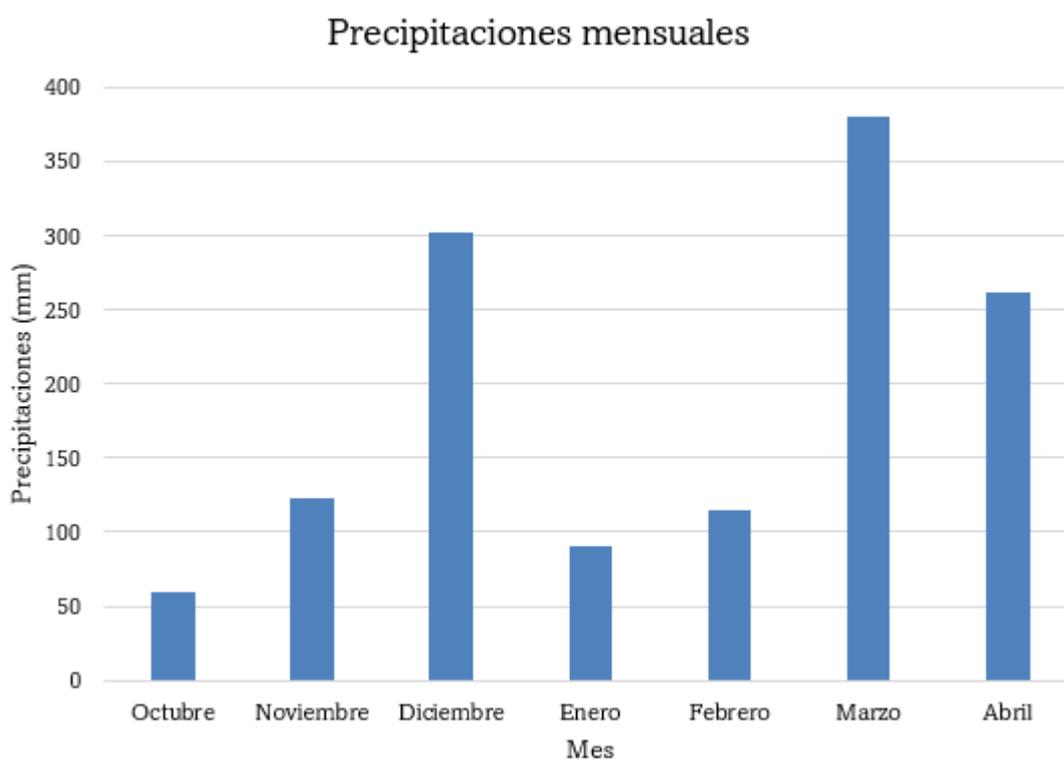
Durante el periodo de experimentación, las precipitaciones totales fueron de 897 mm, mientras que la temperatura media para este lapso temporal fue de 23,8°C.

Las precipitaciones se distribuyeron en 60mm, 123mm, 312mm, 90mm, 115mm, 380mm y 262mm, para octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, respectivamente. Se presentan las precipitaciones del mes de octubre dado que la situación hídrica viene determinada no solo por el periodo experimental.

Las precipitaciones de octubre y de enero, se encontraron por debajo de la media mensual histórica, principalmente el mes de octubre, mientras que los meses restantes presentaron niveles de precipitaciones que se posicionan por encima de la media histórica (INUMET, s.f.).

Figura 4

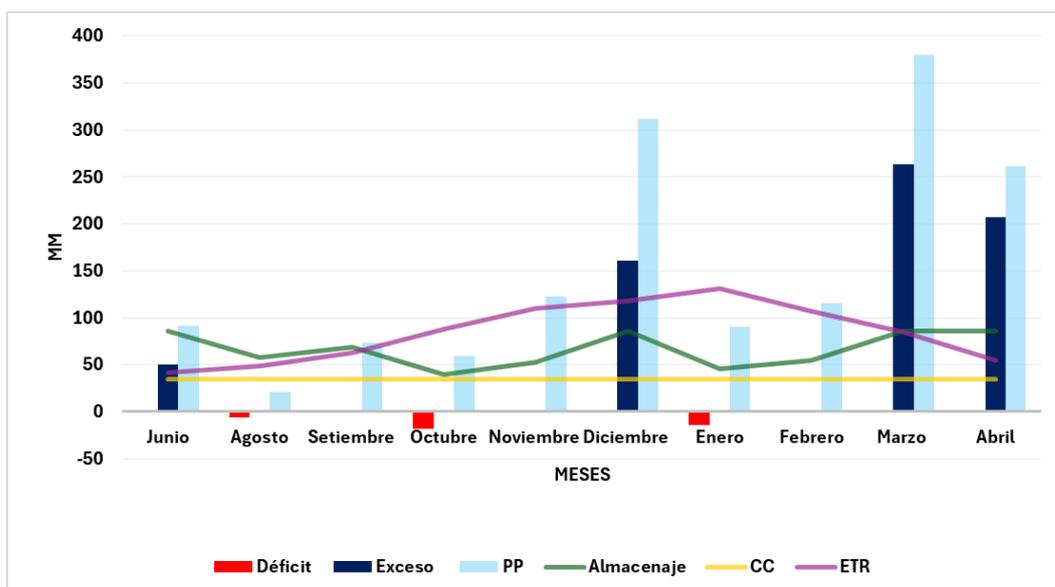
Precipitaciones mensuales desde octubre a abril



Nota. Construido a partir de datos de la Estación meteorológica EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 20 julio, 2024).

Figura 5

Balance hídrico y nivel de almacenaje de agua del suelo, desde junio a abril



Nota. Construido a partir de datos de la Estación meteorológica EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 20 julio, 2024).

Durante todo el transcurso del periodo de evaluación, el nivel de almacenaje de agua del suelo se encontró por encima de la capacidad de campo del suelo, siendo este el 40% de la capacidad media de almacenaje de agua del suelo.

Previo al inicio del experimento y durante el primer mes de transcurso de este, el suelo experimentaba procesos de acumulación y de pérdida de agua (déficit), sin llegar a su saturación. Durante el mes de diciembre, marzo y abril, el suelo llega a niveles de saturación resultado en escurrimientos, dado que las precipitaciones de estos meses fueron suficientes para cubrir la evapotranspiración real (ETR) y de completar la capacidad de almacenaje del suelo.

Durante el experimento, el mes de enero fue el único que presentó déficit hídrico, siendo este de 14 mm de agua, como consecuencia de ser el mes en que se dieron los mayores niveles de ETR y de que las precipitaciones no lograron cubrir esta demanda de agua, por lo que el suelo debió ceder agua para cubrir dicha demanda.

Por su parte, durante el mes de febrero, el suelo experimentó un incremento en el nivel de agua almacenada, indicando que las precipitaciones fueron suficientes para cubrir la demanda de agua por parte del pastura y por la evaporación directa desde el suelo.

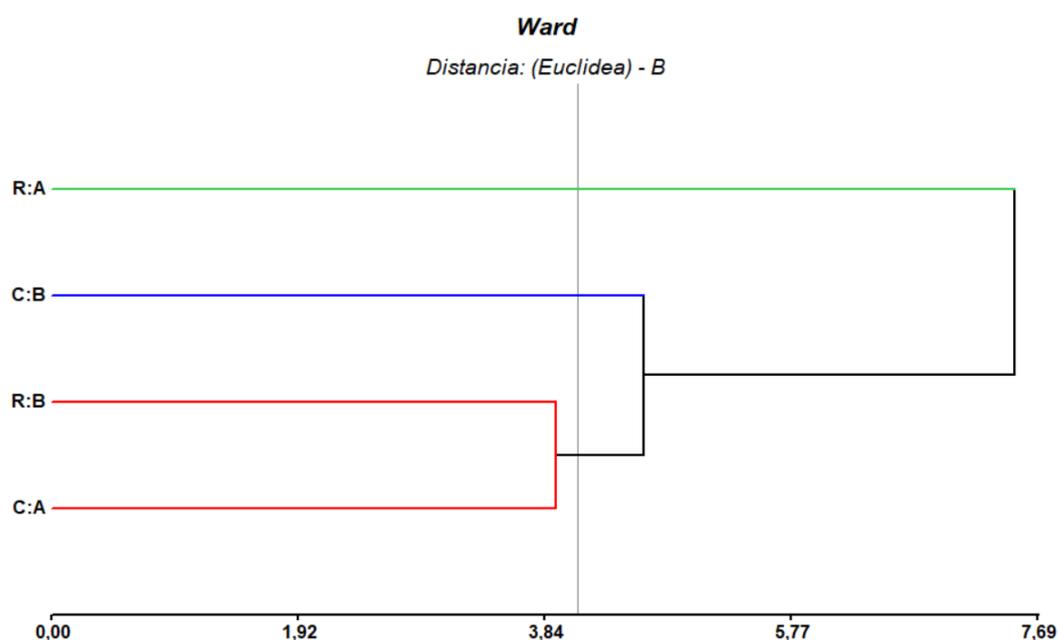
5.2. INFLUENCIA DE LA ZONA, OFERTA Y MÉTODO DE PASTOREO EN LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

5.2.1. Análisis cualitativo de la composición botánica del tapiz natural

Con el objetivo de describir y analizar la presencia de distintas especies según la oferta, tipo de suelo y método de pastoreo, desde una perspectiva de análisis cualitativa, se construyeron dendrogramas. Mediante este análisis multivariado se diseñaron grupos de especies o grupos botanales, los cuales tienden a buscar la máxima homogeneidad en cada grupo y a su vez la mayor diferencia entre grupos (De la Fuente, 2011).

Figura 6

Agrupamiento de tratamientos a partir de la composición de Grupos Funcionales en zona de bajos



Nota. Construido a partir de la biomasa presente (kg MS/ha) de cada grupo botanal.

En la Figura 6 puede verse representada la zona de bajos, donde se visualiza la formación de tres conglomerados: 1) Conformado por oferta alta y método rotativo, donde

las especies (o grupos de especies) que caracterizan a este grupo son *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (1050 kg MS/ha), especies perennes estivales finas, principalmente *Paspalum dilatatum*, (640 kg MS/ha), *Festuca arundinacea* (792 kg MS/ha) y por especies perennes invernales finas a tiernas (239 kg MS/ha), donde estas representan el 36%, 22%, 26% y 10% del total de materia seca presente, respectivamente;

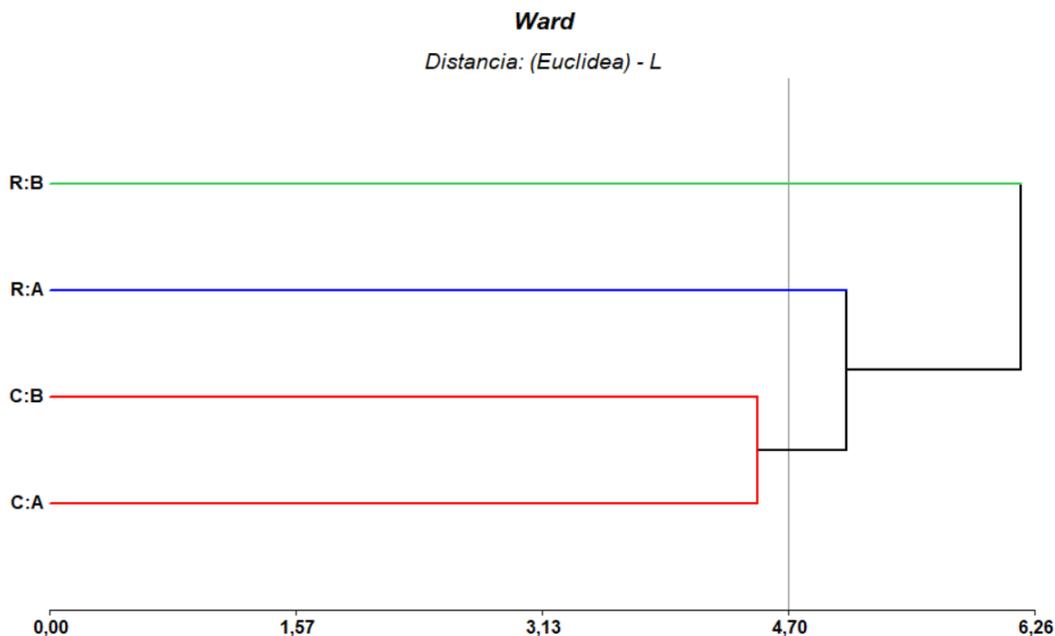
2) Conformado por oferta baja y método continuo, este cluster agrupa especies como *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (635 kg MS/ha), *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (446 kg MS/ha), y *Paspalum quadrifarium* (384 kg MS/ha), representando estos el 31%, 24% y 18% de la producción primaria, respectivamente;

3) El último conglomerado, se da por el método rotativo y oferta baja, junto con método continuo y oferta alta. En este, los grupos que presentan mayor relevancia por los kilos de materia seca que aportan al total de biomasa presente, son el *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (526 kg MS/ha), *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (530 kg MS/ha) y *Festuca arundinacea* (316 kg MS/ha), representando el 28%, 29% y 19% de la materia seca producida, respectivamente.

A través de este análisis, podemos establecer que los conglomerados 2 y 3 presentan cierta similitud respecto a la presencia de los distintos grupos de especies, diferenciándose a su vez en mayor medida del conglomerado 1.

Figura 7

Agrupamiento de tratamientos a partir de la composición de Grupos Funcionales en zona de litosol



Nota. Construido a partir de la biomasa presente (kg MS/ha) de cada grupo botanal.

En la Figura 7, se representan los distintos clusters que se encuentran dentro de la zona de litosol. Se puede apreciar la conformación de tres grupos: 1) Formado por método rotativo y oferta baja, este conglomerado se caracteriza por presentar como principales especies al *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (1076 kg MS/ha), *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (398 kg MS/ha) y a especies perennes estivales finas (137 kg MS/ha); 2) Constituido método rotativo y oferta alta, siendo las principales especies que componen este grupo el *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (619 kg MS/ha), *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (565 kg MS/ha), anuales invernales finas (203 kg MS/ha) y *Stipa charruana* (169 kg MS/ha) ; 3) El tercer conglomerado se encuentra dado por el método continuo, comprendiendo ambas ofertas, constituyendo una sola comunidad, compuesta en gran medida por *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (784 kg MS/ha) y *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (365 kg MS/ha).

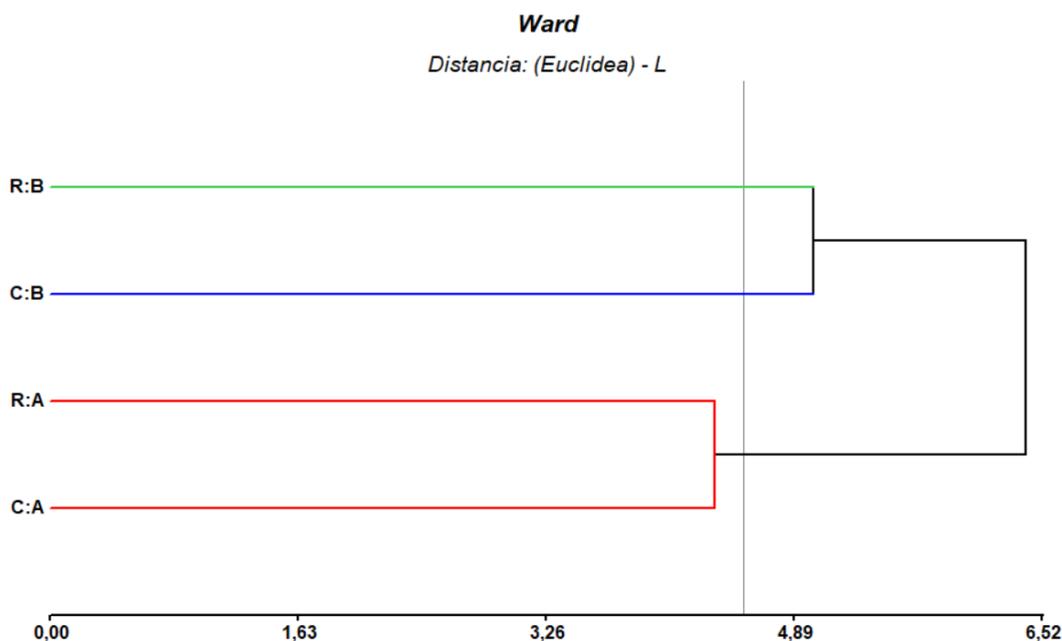
A través del análisis, se observa que los conglomerados 2 y 3 presentan cierta similitud entre sí, sin embargo, se diferencian en gran medida del conglomerado 1.

Estos resultados, se acompañan con los expuestos con Berretta (2005), Millot (1991) y Boggiano et al. (2005), quienes exponen que bajo método rotativo se favorece el crecimiento de especies cespitosas, mientras que bajo método continuo se favorecen especies estoloníferas y postradas. En este sentido, se expuso que ambas ofertas bajo método rotativo presentan participación de anuales invernales finas (como puede ser el *Lolium multiflorum*) y de *Stipa charruana*, especies de hábito de crecimiento cespitoso. Por otra parte, el conglomerado 3, perteneciente a método continuo, mostró una gran presencia de especies estoloníferas y rizomatosas. No se reporta gran influencia de especies invernales bajo método continuo, lo que concuerda con Berretta et al. (1999), quienes exponen que se perjudica la floración y semillazón de estas especies.

Sin embargo, como se expone en la Figura 8, cuando se observan las proporciones de cada grupo botanal dentro de la zona de litosol, los clusters formados son otros.

Figura 8

Agrupamientos de tratamientos a partir de la proporción de Grupos Funcionales en zona de litosol



Nota. Construido a partir de las proporciones de cada grupo botanal.

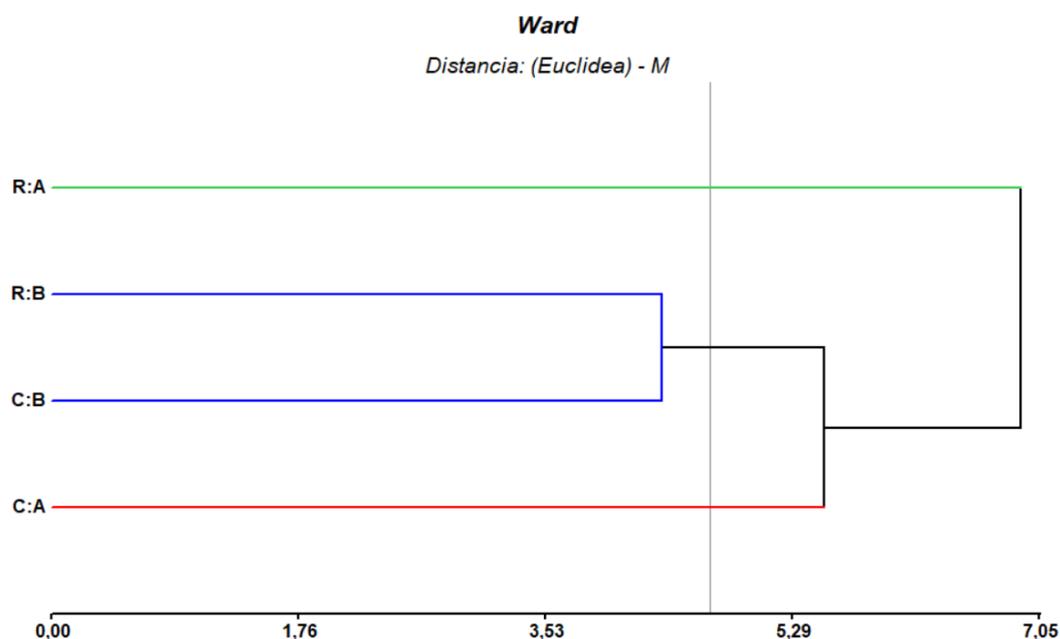
Puede observarse que el conglomerado 1 se forma por oferta alta y ambos métodos de pastoreo, donde la biomasa presente se encuentra explicada en un 66% por especies

estoloníferas. Por otra parte, el conglomerado 2 se forma por oferta baja y método continuo; en este caso, el 96% de la biomasa se encuentra explicada los grupos botanales que comprenden a las especies estoloníferas. Por último, el conglomerado 3 se forma por oferta baja y método rotativo, siendo el 80% de la biomasa presente compuesta por especies estoloníferas.

Se puede observar que la proporción de cada grupo relevado permite de cierta manera la delimitación de dos grandes grupos, los cuales se encuentran determinados en gran medida por la oferta de forraje. Por su parte, estos resultados muestran la fuerte dominancia que ejercen las especies estoloníferas dentro de este tipo de zonas.

Figura 9

Agrupamientos de tratamientos a partir de la composición de Grupos Funcionales en zona media



Nota. Construido a partir de la biomasa presente (kg MS/ha) de cada grupo botanal.

En la Figura 9 se representa el dendrograma correspondiente a la zona media, donde al trazar una línea vertical, puede apreciarse la formación de tres grupos: 1) Desarrollado por el tratamiento de oferta alta y método continuo, este conglomerado, se encuentra constituido en gran medida por especies como *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (956 kg MS/ha), *Stipa setigera* (291 kg MS/ha) y por especies anuales invernales ordinarias (151 kg MS/ha), representando estos el 55%, 17% y 8% de la biomasa presente

total, respectivamente; 2) Dado por oferta alta y método rotativo, encontrándose dominado por especies como *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (694 kg MS/ha), *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (394 kg MS/ha), *Stipa setigera* (281 kg MS/ha), *Stipa charruana* (217 kg MS/ha) y especies perennes estivales finas (164 kg MS/ha), donde estas representan el 32%, 19%, 13%, 10% y 8% de la biomasa presente, respectivamente; 3) Por último, tanto en método rotativo como continuo, a ofertas bajas, se determina una misma comunidad biológica. Dentro de dicho grupo, las especies más relevantes son *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* (634 kg MS/ha), y *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (180 kg MS/ha), *Stipa setigera* (136 kg MS/ha), y especies Perennes invernales tierno-finas (108 kg MS/ha), siendo las proporciones de estas 48%, 14%, 10% y 8%, respectivamente.

Es interesante observar que dentro de esta zona, la biomasa presente se encuentra explicada en gran parte por la presencia de especies invernales, de buen valor forrajero. En esta, también se dan los menores contenidos de *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* como componente de la biomasa presente.

Dentro de esta zona, los conglomerados 1 y 3 son los que presentan una mayor similitud entre sí, dada las especies que los dominan; a su vez, estos grupos se encuentran más diferenciados del conglomerado 2.

En los Anexos D y E se presenta la participación en kilogramos por hectárea de cada uno de los grupo botanal que componen los distintos conglomerados.

Los grupos botanales donde se encuentran el *Paspalum notatum* junto con *Axonopus affinis*, y el *Cynodon dactylon* junto con *Bouteloua megapotámica*, son los que presentan mayor masa y frecuencia en todas las zonas y conglomerados. A su vez, es de resaltar que especies como *Festuca arundinacea*, es característica de zonas de bajos, encontrándose presente en los tres conglomerados diseñados dentro de esta zona, pero variando su relevancia entre los distintos conglomerados. *Stipa setigera* se desarrolla prácticamente en todos los conglomerados y zonas, teniendo una mayor participación en cuanto a masa de forraje en zonas de medios, y en segundo lugar dentro de la zona de bajos. Otra de las especies presentes en todas las zonas es el *Paspalum dilatatum*, sin embargo, dentro de las zonas de bajos fue donde esta especie consiguió una mayor participación, siendo de menor relevancia la biomasa presente en las restantes zonas.

Por su parte, dentro de la zona media, se puede observar que los tratamientos sometidos a oferta de baja, forman parte de un mismo cluster, es decir, las especies que los componen y los kilogramos de materia seca que aportan cada uno son similares. A su vez, dentro de la oferta alta, se forman dos grupos distintos en función del método de pastoreo, permitiendo inferir que esta última variable genera diferencias en la composición y/o proporción de materia seca de los distintos grupos cuando se aplican ofertas de forraje altas. Dentro de esta zona, se observó una gran participación de las especies estoloníferas, presentando una relevancia superior al resto de grupos botanales.

En las zonas correspondientes a los litosoles, los tratamientos sometidos a pastoreos continuos presentan comunidades vegetales que los ubican dentro de un mismo conglomerado, mientras que los tratamientos rotativos forman dos conglomerados independientes. Los tratamientos rotativos, se presentaron formando conglomerados distintos en función a la oferta de forraje a la cual eran sometidos, permitiendo discurrir, que el trabajar con este sistema de pastoreo, si se altera la oferta de forraje puede originar cambios en la comunidades vegetales que se desarrollan en este tipo de suelos.

Por otra parte, independientemente de la zona analizada, el tratamiento de pastoreo rotativo sometido a oferta de alta se presenta como un conglomerado independiente en todas las situaciones. Mediante los análisis presentados, se puede observar que este tratamiento tiende a presentar una comunidad vegetal compuesta por especies Perennes estivales ordinarias (como *Bothriochloa laguroides*), *Paspalum quadrifarium* (Perenne estival dura) y por la presencia de altas cantidades de *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* y *Stipa charruana*, en comparación a otros tratamientos, determinando diferencias con el resto de los conglomerados. Boggiano et al. (2005) alegan que días de descanso en verano promueven la aparición de *Paspalum quadrifarium*, sobre todo cuando este método se desarrolla en zonas de bajos. Esta composición botánica, puede estar indicando la formación de una doble estructura definida en cierto grado, donde el estrato alto está compuesto por especies como *Paspalum quadrifarium* y *Stipa charruana*, mientras que en el estrato bajo se de la presencia de especies como *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*, siendo este el horizonte donde se de en mayor medida el pastoreo por parte de los animales.

5.2.2. Análisis cuantitativo de las comunidades vegetales

A continuación, se presentan por medio de análisis de la varianza, los efectos que tuvieron las distintas variables de análisis sobre los grupos botanales estudiados (ver Anexos G y H).

5.2.2.1. Efecto de la zona topográfica en la composición botánica

Tabla 4

Efecto de la zona sobre la biomasa presente (kgMS/ha) de los grupos botanales

Grupo botanal	Zona	kg MS de cada GB/ha
<i>Cynodon dactylon</i> y <i>Bouteloua megapotámica</i> .	Litosol	816 a
	Bajo	687 a
	Medio	213 b
<i>Cyperaceae</i> y <i>Juncaceae</i>	Bajo	57 a
	Medio	15 ab
	Litosol	0 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

En la Tabla 4, se presentan los grupos de botanales que se mostraron sensibles al efecto de la zona topográfica. Si bien, esta variable tuvo efecto sobre más grupos botanales de los que se encuentran formando parte de la mencionada tabla, se presentan sólo aquellos grupos que se vieron afectados únicamente por esta variable.

Cynodon dactylon y *Bouteloua megapotamica*, presentó las mayores proporciones de materia seca en la zona de litosol y zona de bajo, diferenciándose estas de la zona media. Sin embargo, es de destacar que la zona de litosol presenta 130 kg más de materia seca que la zona de bajo. Según Rosengurtt et al. (1960) estas especies se caracterizan por presentar una significativa capacidad de adaptación y de sobrevivencia en diversos ambientes, permitiendo la capacidad de colonizar ambientes adversos y contrastantes,

como son desde déficit hídricos marcados, suelos pobres o calizos, hasta aquellos que experimentan encharcamiento temporal. Estas especies logran estos niveles de colonización tan agresivos y contrastantes, gracias a que se caracterizan por presentar altos niveles de propagación vegetativa y reproductiva, presentan órganos de reserva subterráneas (rizomas) y aéreas (estolones), capacidad de adaptarse a diversos tipos de suelo (ácidos o alcalinos, sueltos o compactados), presentan un rango de temperaturas de crecimiento más alto y más amplio que el que presentan generalmente el resto de especies estivales, mayor eficiencia en el uso del agua, capacidad de producción de sustancia alelopáticas que interfieren con el desarrollo de otras especies, entre otros factores (Ríos & Gimenez, 1990). Por lo tanto, de forma general, mientras que el suelo no presente un impedimento drástico (como una compactación muy severa), la capacidad de colonizar de estas especies es significativa (Ríos & Gimenez, 1990).

A su vez, en las zonas de litosol, suele darse una baja presencia de especies cespitosas productivas debido al estrés energético que experimentan en este tipo de suelos (Boggiano et al., 2005), por lo que los niveles de competencia por recursos son bajos, disponiendo de este modo de cierta facilidad de colonización de estos ambientes por parte de las especies estoloníferas.

Por su parte, las *Cyperaceae* y *Juncaceae*, presentaron los mayores kg de materia seca en las zonas de bajo y zonas medias, sin diferencia estadística entre sí, pero sí diferenciadas significativamente de la zona de litosol, donde no se encontró la presencia de dicho grupo. No obstante, la cantidad de materia seca presente de este grupo botanal es muy baja, por lo que son un componente minoritario del tapiz vegetal independientemente de la zona. Bemhaja y Berretta (2006) establecen que la presencia de este grupo botanal es usual en aquellas comunidades que se desarrollan sobre suelos Planosoles o Gleysoles, entre otros tipos de suelos.

Millot et al. (2003) realizaron trabajos experimentales en el mismo sitio experimental donde fue realizado el presente trabajo, y relevaron las mismas especies que fueron encontradas en la Tabla 4. Estos autores, determinaron que *Bouteloua megapotamica* era uno de los componentes más usuales de los tapices desarrollados en zonas superficiales, mientras que a su vez observaron que dentro de la zona de bajos, los distintos tipos de gramínoideas eran un componente común de las comunidades desarrolladas en estas zonas.

Tabla 5

Contribución porcentual en la materia seca disponible de los grupos botanales según zonas

GB	Zona	Proporción (%)
<i>Paspalum notatum</i> y <i>Axonopus affinis</i>	Medio	46 a
	Litosol	26 ab
	Bajo	20 b
<i>Cynodon dactylon</i> y <i>Bouteloua</i> <i>megapotámica</i>	Litosol	51 a
	Bajo	33 ab
	Medio	13 b
<i>Stipa setigera</i>	Medio	13 a
	Bajo	4 b
	Litosol	4 b
<i>Stipa charruana</i>	Medio	6 a
	Litosol	4 ab
	Bajo	0 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Tabla 6

Contribución porcentual en la materia seca disponible de los grupos botanales según zonas

GB	Zona	Proporción (%)
Anuales invernales ordinarias	Medio	7 a
	Litosol	3 ab
	Bajo	2 b
<i>Cyperaceae</i> y <i>Juncaceae</i>	Bajo	3 a
	Medio	1 ab
	Litosol	0 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Por otra parte, en las Tablas 5 y 6 se puede observar que al analizar las proporciones de los distintos grupos botanales en función de las zonas, aparecen grupos que no formaban parte de la Tabla 4, siendo estos grupos *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*, *Stipa setigera*, *Stipa charruana* y Anuales invernales ordinarias.

Podemos observar que *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* y las Anuales invernales ordinarias, presentaron el mismo comportamiento en función de las zonas, dándose las mayores proporciones de estas especies en las zonas de medio y de litosol, donde únicamente se diferencian estadísticamente la zona de medio con la zona de bajo.

El grupo *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* son uno de los componentes más frecuentes del campo natural (Millot et al., 1987). El hábito de crecimiento rizomatoso-estolonífero de estas especies, las dota de la capacidad de colonizar múltiples ambientes de forma muy eficiente, hasta el punto de realizar casi una ocupación exclusiva del suelo (Millot et al., 1987). Dado lo anterior, en las zonas medias y de litosol, este grupo se desarrolla sin grandes dificultades, llegando a representar casi el 50% en promedio de la materia seca total producida en las zonas medias (Tablas 5 y 6). Mientras que, en las zonas

de bajos, donde las condiciones son más propicias para el desarrollo de especies cespitosas (Mazzitelli, 1986), no se dan ambientes adecuados para el desarrollo de especies rizomatosas-estoloníferas dada la competencia por luz. Por esto, la zona de bajo presenta una menor proporción de este grupo en comparación a las otras zonas.

El grupo de especies Anuales invernales ordinarias, constituido en gran medida por *Hordeum pusillum*, podemos observar que tuvo una baja participación en todas las zonas. Sin embargo, su mayor participación se dio en zonas medias, que se diferencia significativamente de la zona de bajo. Esta baja proporción puede estar dada por la época en que se realizó el botanal, ya que podría esperarse que, sobre todo en litosoles, haya una mayor presencia de este grupo durante el invierno, de modo que pasen el verano como semilla. A su vez, la baja participación de este grupo de bajo interés productivo es indicador de que el suelo no sufre niveles de destramados severos que liberen recursos que sean utilizados por este tipo de grupos (Millot et al., 1987), indicando que el suelo se encuentra cubierto generalmente por especies de hábito perenne.

Por su parte, la *Stipa setígera*, presentó su mayor proporción en la zona de medio y de bajo, diferenciándose estadísticamente sólo la zona media con el litosol.

En este sentido, Millot et al. (2003), en su trabajo realizado en el mismo sitio experimental donde se llevó a cabo el presente trabajo, determinaron que la *Stipa setígera* es uno de los componentes más comunes de las comunidades vegetales que se desarrollan en zonas de suelo profundo. La misma línea de resultados fue encontrada por Peloché (2012) y Armúa (2013), quienes observaron que esta especie se encontraba relacionada a la zona de laderas. Sin embargo, Armúa (2013) no relevó la presencia de esta especie en la zona de bajos.

Stipa charruana presentó una baja proporción en todas las zonas relevadas, no obstante, las mayores proporciones se hallaron en las zonas medias y de litosol, diferenciándose estas de las zonas bajas donde esta especie no fue relevada. Estos datos son coincidentes con los expuestos por Lezama et al. (2006), quienes exponen que esta especie es una de las principales dentro de un grupo que se asocia a llanuras, planicies, concavidades en posiciones altas y zonas con adecuado drenaje.

5.2.2.2. Efecto de la oferta sobre la composición botánica

Tabla 7

Efecto de la oferta sobre la biomasa presente (kgMS/ha) y contribución porcentual de Stipa charruana

GB	Oferta	kg MS por GB / ha	Proporción (%)
<i>Stipa charruana</i>	Alta	105 a	4 a
	Baja	13 b	1 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

La *Stipa charruana* fue la única especie que se vio afectada solo por el factor oferta (Tabla 7), mostrándose indiferente ante las variaciones del resto de factores. La mayor presencia de esta especie se dio con el uso de ofertas altas; no obstante, se debe observar que los aportes de materia seca de este grupo respecto a la materia seca total producida es muy reducido en ambas ofertas trabajadas.

Estos datos son coincidentes con lo expuesto por Gomes (1996), quien expone que las ofertas altas favorecen la aparición de múltiples especies, entre estas, aquellas pertenecientes al género *Stipa*. Por su parte, si bien el pasaje de 8% de oferta de forraje a 12% lleva a un aumento generalizado de las gramíneas cespitosas, este aumento suele verse asociado en mayor medida a un aumento en la proporción de especies de tipo productivo ordinario y/o duro (Gomes, 1996; Mezzalira, 2009; Rosito & Maraschin, 1984), como es el caso de la presente especie.

El aumento de la oferta de forraje permite un aumento en la capacidad de selección de los animales (Nabinger, 2006b). Esto lleva a que los mismos tengan una mayor posibilidad de buscar y seleccionar las especies más apetecidas, dejando de lado a las especies ordinarias y duras, permitiendo a estas aumentar su frecuencia de aparición y su producción de materia seca total (Mezzalira, 2009; Rosengurtt, 1949).

5.2.2.3 Efecto del método de pastoreo en la composición botánica

Tabla 8

Efecto del método de pastoreo sobre la biomasa y la contribución porcentual del GB PIFT

GB	Método	Biomasa (kg MS/ha)	Proporción (%)
Perenne fino tierno (PIFT)	Rotativo	98 a	5 a
	Continuo	15 b	1 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

En la Tabla 8 se presenta el efecto del método de pastoreo sobre el grupo botanal donde se agrupan las especies perennes invernales finas, dado que fue el único grupo que se vio afectado únicamente por esta variable. El método rotativo presenta una mayor cantidad de kg de materia seca por parte de este grupo frente al método continuo, siendo estas de 98 y 15 kg respectivamente. En este grupo se pueden encontrar especies como *Poa lanigera*, *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Piptochaetium bicolor*, entre otras.

Esta especie presenta un hábito de crecimiento cespitoso, por lo que, de acuerdo con Boggiano et al. (2005), es esperable que presenten mayores cantidades de biomasa en aquellos sistemas en los que se les brinda días de descanso. Estos autores también determinaron que los sistemas rotativos presentaron una mayor proporción de especies invernales respecto a los sistemas continuos, siguiendo la misma línea que los resultados encontrados en el mencionado trabajo.

A su vez, los resultados se acompañan con lo expuesto por Berretta et al. (1999), quienes presentan que el método de pastoreo continuo perjudica la presencia de especies invernales. Datos reafirmados por Gomes (1996), que afirman que los descansos favorecen a las gramíneas invernales. Los sistemas de pastoreo continuo generan situaciones que no son propicias para la floración y semillazón de especies invernales (Berretta et al., 1999), dado que estas generalmente suelen presentar una mayor calidad que las especies estivales (Ferrés, 1982), por lo que este grupo de especies invernales

pueden ser más seleccionadas por los animales. Esto lleva a que con el paso del tiempo las especies invernales, y en mayor medida aquellas de tipo productivo tierno - fino, disminuyan su frecuencia de aparición al ser sometidas a este sistema de pastoreo, presentando una menor participación de ese grupo de especies en comparación a aquellos sistemas que proporcionan los descansos apropiados para permitir la reproducción de este grupo.

5.2.2.4. Efecto de la interacción Oferta x Zona sobre la composición botánica

Tabla 9

Masa de forraje de grupos botanales según interacción zona x oferta

GB	Oferta	Zona	kg MS por GB/ha
Perenne estival fina	Alta	Bajo	381 a
	Alta	Medio	108 b
	Baja	Bajo	104 b
	Baja	Litosol	68 b
	Alta	Litosol	45 b
	Baja	Medio	20 b
<i>Stipa setigera</i>	Alta	Medio	286 a
	Baja	Medio	136 ab
	Baja	Bajo	136 ab
	Alta	Litosol	126 ab
	Alta	Bajo	31 b
	Baja	Litosol	0 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Tabla 10*Masa de forraje de grupos botanales según interacción zona x oferta*

GB	Oferta	Zona	kg MS por GB/ha
<i>Eryngium horridum</i> y otros cardos	Alta	Litosol	68 a
	Alta	Bajo	13 b
	Baja	Medio	4 b
	Alta	Medio	3 b
	Baja	Litosol	0 b
	Baja	Bajo	0 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

El grupo perenne estivales finas, representado en gran medida por *Paspalum dilatatum* presenta una mayor masa de forraje bajo la interacción de oferta alta y zonas de bajo, mientras que en el resto de los tratamientos la masa de forraje de esta especie es menor y no hay diferencia estadísticamente significativa entre estos tratamientos. Estos datos refutan lo planteado por Gomes (1996), quien plantea que especies finas estivales disminuyen su aporte ante aumentos en la oferta de forraje, donde en el caso particular de esta especie, suele verse favorecida por pastoreos frecuentes (Pereira, 2004). Esta especie, se adapta muy bien a suelos profundos y fértiles, resistiendo periodo de sequías y tolerando de buena manera el exceso de agua en suelo gracias a su extenso sistema radicular (Pereira, 2004; Rosengurtt, 1946). Sin embargo, Armúa (2013) observó que esta especie se encontraba asociada en mayor medida a zonas de ladera alta y en menor grado a zonas de bajo.

Las bajas ofertas de forraje llevan a que la intensidad de pastoreo sea mayor a la que se da a ofertas altas, resultando en el sobrepastoreo de algunas especies, como es el caso de los tipos productivos tiernos y finos, dado que los animales tienen una menor posibilidad de seleccionar su dieta (Nabinger et al., 2006). Por lo que esta oferta más alta, permite que las especies tengan una mayor proporción de hoja remanente, lo que aumenta

la posibilidad de captura de luz (Boggiano & Zanoniani, 2014; Carvalho et al., 2009), incrementando la capacidad de realizar fotosíntesis y por lo tanto la capacidad de crecimiento de esta especie.

Stipa setigera, presentó una mayor contribución a la materia seca total en zonas medias y oferta alta, siendo 286 kg de MS/ha de este grupo. Sin embargo, este tratamiento sólo se diferenció significativamente de la zonas bajo a oferta alta y del litosol a oferta baja, donde este último no tuvo participación. Esto reafirma lo propuesto por Gomes (1996), quien plantea que las altas ofertas favorecen la aparición de distintas especies pertenecientes al género *Stipa*. Por otra parte, es coincidente con lo planteado por Nabinger et al. (2006), quienes plantean que disminuir la oferta lleva a disminución de especies cespitosas y de buen valor forrajero, como lo es la *Stipa setigera*. Asimismo, Gomes (1996), plantea que las especies invernales presentan sensibilidad a cambios en la oferta, aumentando su participación con el aumento de esta, lo que coincide con los resultados obtenidos para este grupo botanal.

Por su parte, las mayores contribuciones al analizar la interacción se dan sobre las zonas medias, lo cual sigue la línea de resultados encontrados por Armúa (2013) quien relevó la frecuencia de aparición y producción de ciertas especies en el mismo lugar experimental que el presente trabajo. Este observó que esta especie se asoció exclusivamente a zonas de laderas (altas y medias), excluyéndose de los bajos.

Eryngium horridum y otros cardos, presentó una mayor proporción de biomasa en zonas de litosol y oferta alta, con 70 kg/ha. Estos resultados no coinciden con lo expuesto por Brugnara et al. (2011), quienes proponen que estas especies aumentan su participación con ofertas bajas, dada su capacidad colonizadora. Sin embargo, si acompaña lo relevado por Gomes (1996), quien propone que el aumento de oferta lleva a aumentos en la aparición de especies como el *Eryngium horridum*, entre otras. Al aumentar la oferta, se le está brindando la posibilidad al animal de realizar una selección más intensa, por lo que estas especies no deseadas por los animales no se ven afectadas (Carámbula et al., 1995), dándole la posibilidad de desarrollarse en mayor medida.

En el resto de las interacciones método-zona, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, donde a su vez, la materia seca representada por esta especie era muy baja.

La zona donde se dio la mayor cantidad de materia seca de este grupo sigue la misma línea de lo encontrado por Peloché (2012), quien indicó que este grupo de especies era uno de los componentes frecuentes de las comunidades vegetales que se desarrollan en zonas de suelos superficiales y que forma parte de uno de los factores que lo diferencian de otras comunidades desarrolladas en otras zonas topográficas. El *Eryngium horridum* presenta estructuras subterráneas de reserva (Carambula et al., 1995), lo que le brinda la adaptación a zonas topográficas con limitada capacidad de almacenar agua.

Tabla 11

Contribución porcentual a la biomasa presente de GB según interacción oferta de forraje x zona

GB	Oferta	Zona	Proporción de cada GB (%)
Perenne estival fino	Alta	Bajo	14 a
	Alta	Medio	6 b
	Baja	Bajo	5 b
	Baja	Litosol	4 b
	Alta	Litosol	2 b
	Baja	Medio	2 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Tabla 12

Contribución porcentual a la biomasa presente de GB según interacción oferta de forraje x zona

GB	Oferta	Zona	Proporción de cada GB (%)
Anual invernal fino	Alta	Litosol	5 a
	Baja	Medio	0 b
	Baja	Litosol	0 b
	Baja	Bajo	0 b
	Alta	Medio	0 b
	Alta	Bajo	0 b
<i>Eryngium horridum</i> y otros cardos	Alta	Litosol	4 a
	Alta	Bajo	1 b
	Baja	Medio	1 b
	Alta	Medio	0 b
	Baja	Bajo	0 b
	Baja	Litosol	0 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Ahora bien, al analizar esta misma variable, pero abordando a partir del análisis de la proporción de especies en función de la oferta y la zona (Tablas 11 y 12), podemos ver que algunos de los grupos que se ven afectados no son los mismos que en la tabla anterior (Tabla 10).

Los grupos de especies Perenne estival fino y el grupo *Eryngium horridum* y otros cardos, se comportan exactamente igual al ser evaluadas en función de su biomasa

presente. Pero en este caso, el grupo de especies Anuales invernales finos se vio afectado desde la perspectiva porcentual.

Este grupo manifestó su presencia únicamente en las zonas de litosol al ser sometidas a altas ofertas de forraje, sin embargo, es importante observar, que este grupo es un componente minoritario del tapiz.

De Souza et al. (2007) exponen que el aumento de la oferta de forraje por encima de 4%, lleva a una disminución en la participación de especies anuales, lo cual sigue la línea de los resultados expuestos. Sin embargo, la proporción de este grupo que se da a ofertas altas puede estar fuertemente influido por tratarse de una zona de litosol.

Millot et al. (1987) hace referencia a que la presencia de especies anuales puede indicar cierto grado de apertura del tapiz natural y la diversidad de nichos ecológicos que el mismo presenta, lo cual puede deberse a síntomas de degradación o por características propias de suelos que sufren condiciones críticas de temperatura y humedad, donde el desarrollo de especies perennes es más limitado, como es el caso de los litosoles. A su vez, estos mismos autores establecen que el grado de desarrollo y vigor de estas especies anuales es un indicador del grado de fertilidad del suelo.

Por lo tanto, es esperable que la interacción de alta oferta y zona de litosol se diferencie del resto de interacciones, dado que en estos suelos durante el verano presentan un destramado natural por estrés hídrico dejando recursos que pueden ser utilizados por las especies anuales invernales. Por otra parte, la oferta alta lleva a que se dé un pastoreo menos intenso del tapiz, permitiendo un mayor grado de floración y semillazón en primavera-verano y mayores posibilidades de reclutamiento de individuos en el otoño.

En el resto de las zonas, no se relevó la presencia de esta especie. La nula o baja presencia de este grupo en las distintas zonas, deja traslucir que los suelos presentan una cobertura relativamente constante que genera ambientes que no son propicios para un desarrollo significativo de estos grupos anuales.

Es importante tener en cuenta que, la principal especie observada de este grupo fue *Lolium multiflorum*, la cual, según Millot et al. (1987), es una indicadora de ambientes ricos en nitrógeno, siendo esto coherente con la alta proporción de Litosoles Éutricos

presentes en el sitio experimental, que suelen presentar una fertilidad alta dado su material de origen respecto al resto de Litosoles tradicionales.

5.2.2.5. Efecto de la Interacción Método x Zona sobre los grupos botanales

Tabla 13

Materia seca presente (kgMS/ha) y contribución porcentual de grupos botanales según interacción zona x método

Grupo botanal	Método	Zona	Kg MS/ha	Proporción (%)
<i>Festuca arundinacea</i>	Rotativo	Bajo	607 a	24 a
	Continuo	Bajo	118 b	9 ab
	Continuo	Medio	24 b	2 b
	Rotativo	Medio	0 b	0 b
	Rotativo	Litosol	0 b	0 b
	Continuo	Litosol	0 b	0 b
Anuales finas. invernales	Rotativo	Litosol	sd	5 a
	Rotativo	Medio	sd	0 b
	Rotativo	Bajo	sd	0 b
	Continuo	Bajo	sd	0b
	Continuo	Litosol	sd	0 b
	Continuo	Medio	sd	0 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Puede observarse en Tabla 13 que el grupo botanal que comprende a *Festuca arundinacea* tuvo la mayor cantidad de kg de MS en zona de bajos y método rotativo, diferenciándose estadísticamente del resto de interacciones método de pastoreo-zona.

Las especies anuales invernales finas, como es el *Lolium multiflorum*, solo se encuentran presente en zonas de litosol y método rotativo. Esto puede darse, dado que, en las zonas de Litosol, donde suele presentarse un tapiz poco denso y de poca altura, quedan muchos recursos disponibles que generan nichos que pueden ser aprovechados por este tipo de grupos. A su vez, en la Tabla 12, se observó que la mayor participación de este grupo también se dio en la zona de litosol, lo cual da indicios de que este grupo se encuentra fuertemente influenciado por la zona topográfica en que este se desarrolla. Asimismo, la baja proporción relevada de este grupo puede estar sesgada dado la fecha en que se realizó el muestreo, momento en que las especies ya habían sembrado y se encontraban en el proceso de senescencia. *Lolium multiflorum*, tiende a sembrar entre diciembre y enero (Rosengurtt, 1979), por lo que la observación de esta especie se dio en etapas finales de su ciclo de vida.

Estos datos reafirman lo planteado por Boggiano et al. (2005), quienes exponen que el aumento en los días de descanso favorece la producción de gramíneas cespitosas. En este sentido, plantean que en métodos rotativos con descansos intermedios, entre 30 y 40 días, como lo es el caso del experimento, las especies cespitosas productivas proliferan de buena manera en zonas bajas, tal como se expone en los resultados obtenidos para *Festuca arundinacea*. Misma tendencia fue encontrada por Armúa (2013), quien relevó que esta especie realizaba los mayores aportes en aquellos tratamientos sometidos a 40 días de descanso. Este mismo autor, encontró que esta especie se vio con mayor frecuencia y tuvo una mayor participación con respecto a la producción de materia seca total en la zonas de bajos, superando de manera significativa a las zonas de laderas.

Al analizar las proporciones de *Festuca arundinacea*, se aprecia que no hay diferencias significativas entre los tratamientos rotativos y continuos dentro de la zona de bajo, permitiendo observar la fuerte influencia que tiene la zona topográfica donde se desarrolla esta especie sobre su capacidad de participación en el tapiz.

Esto se da debido a la capacidad que presenta la especie de adaptarse adecuadamente a suelos bajos, hidromórficos, siendo estas las zonas donde generalmente se dan los mayores niveles de producción de la especie (Formoso, 2010). A su vez estos suelos se caracterizan por ser profundos, fértiles y con mayor humedad en el periodo estival (Mazzitelli, 1986), permitiendo a esta especie superar el estrés hídrico al cual es

muy susceptible, dado su baja capacidad de competencia por la captura de agua (Carámbula, 2004).

Las comunidades vegetales sometidas a pastoreos continuos experimentan una disminución en la participación de especies invernales debido a que se perjudica la floración y semillazón (Berretta et al., 1999), lo que es coincidente con los resultados obtenidos, ya que las especies invernales presentaron su mayor producción bajo métodos rotativos.

5.2.2.6. Efecto de la interacción Método x Oferta sobre la composición botánica

Tabla 14

Biomasa presente y proporción en biomasa total del grupo PEF según interacción método x oferta

GB	Método	Oferta	Biomasa presente (kg GB/ha)	Proporción (%)
Perenne estival fina (PEF)	Rotativo	Alta	298 a	11 a
	Rotativo	Baja	83 b	5b
	Continuo	Alta	59 b	3b
	Continuo	Baja	45 b	3b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

El único grupo botanal que se vio afectado por la interacción entre el método de pastoreo y la oferta de forraje, fue el de especies perennes estivales finas (Tabla 14), siendo el método rotativo a ofertas de forraje altas la interacción que presenta los mayores niveles de participación en la producción total de materia seca, tanto en los kg/ha de biomasa presente del grupo como en la contribución porcentual que realiza este a la materia seca total, siendo en este sentido cinco veces superior la materia seca presente en comparación a la media del resto de interacciones.

Estos resultados acompañan lo presentado por De Souza et al. (2007), quienes presentan que aumentos en la oferta llevan a una mayor producción de especies cespitosas de buen valor forrajero y de mayor capacidad productiva. En cuanto al método de

pastoreo, Boggiano et al. (2005) y Gomes (1996) plantean que el método rotativo permite un mejor crecimiento de cespitosas en detrimento de las especies postradas, dado el sombreado al que son sometidos por el desarrollo de estas especies cespitosas. De acuerdo con Berretta (2005) y Millot (1991), disponer días de descanso promueve a especies cespitosas productivas como el *Paspalum dilatatum*, lo que lleva a una reafirmación de los datos obtenidos que plantean que ofertas altas y método de pastoreo rotativo permite alcanzar la mayor proporciones del grupo botanal en el que se encuentra esta especie. Por su parte, Brugnara et al. (2011) establece que el pasar de una oferta de 8% a 12% provoca cambios composicionales de la pastura notorios, siguiendo la línea de los resultados encontrados en el caso del grupo botanal de especies Perennes estivales finas, donde, bajo el mismo sistema de pastoreo, este grupo presentó mayores magnitudes cuando se sometió a ofertas altas, diferenciándose significativamente de lo que fue su participación bajo ofertas bajas. La utilización de oferta de forraje de 8%, puede llevar a que algunas especies se vean sobre pastoreadas, dado que esta permite que la selectividad de los animales se exprese sólo hasta cierto grado (Nabinger et al., 2006).

Esto se da gracias a que el incremento de la oferta permite que la intensidad de defoliación de las distintas especies disminuya, más aún en aquellas de buen valor forrajero, llevando a que la pastura logre conseguir una mayor altura, beneficiando a las especies cespitosas de mayor valor productivo (De Souza et al., 2007), dado que ese mayor remanente de lámina permite un rebrote más rápido de las mismas.

Por otro lado, en la Tabla 14, se puede observar que la contribución que realizan estos grupos a la producción de materia seca total es relativamente baja. Esto es esperable según lo establecido por Rosengurtt (1949), quien determina que los pastos pertenecientes al tipo productivo fino, como es el caso del presente grupo, poseen poca relevancia en la mayoría de las comunidades desarrolladas dentro del territorio nacional, siendo importantes solo en zonas muy reducidas.

5.3. ALTURA DE LA PASTURA

5.3.1. Altura media del período experimental

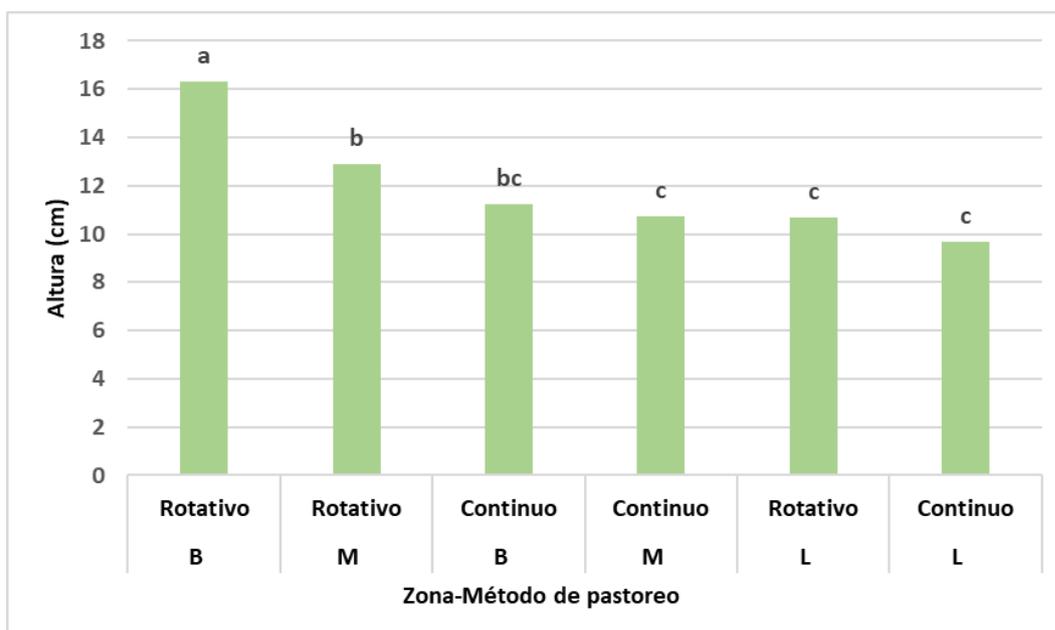
Esta variable, se presentó sensible ante el efecto de la zona topográfica, oferta de forraje, método de pastoreo, y de las interacciones entre estos factores.

Al observar el efecto de la interacción entre la zona y el método de pastoreo (Figura 10), se observa que la zona de bajos manejada en sistemas rotativos, presentó una altura media superior a 16 cm, la cual le permitió diferenciarse del resto de interacciones. La zona media sometida a sistemas rotativos, presentó una altura promedio que se igualó a la zona de bajos del sistema continuo, pero se diferenció de las zonas de litosoles y de la zona media en sistemas continuos. Por su parte, las zonas de litosoles no presentaron diferencias al ser sometidas a distintos sistemas de pastoreo, y se igualaron estadísticamente a las zonas medias y bajas de los sistemas continuos.

Estos resultados permiten determinar, que los días de descanso que proporcionan los sistemas rotativos, permiten que las zonas de bajos y las zonas medias logren desarrollar estructuras más erectas y hojas más elongadas, lo que en consecuencia favorecerá la captura de radiación y facilita el consumo por parte de los animales. Por su parte, las zonas de litosol no presentan diferencias al cambiar el sistema de pastoreo, es de destacar que en estas zonas hay una gran presencia de *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotámica*, especies estoloníferas que presentan una menor altura que las especies que dominan en zonas de bajos. De acuerdo con Smetham (1981), pastoreos con períodos de descansos permiten un mayor rendimiento que pastoreos continuos, ya que se tienden a permitir la expresión a una mayor tasa de crecimiento durante mayor tiempo.

Figura 10

Alturas medias (cm) de la pastura según interacción método x zona



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p-valor < 0.1).

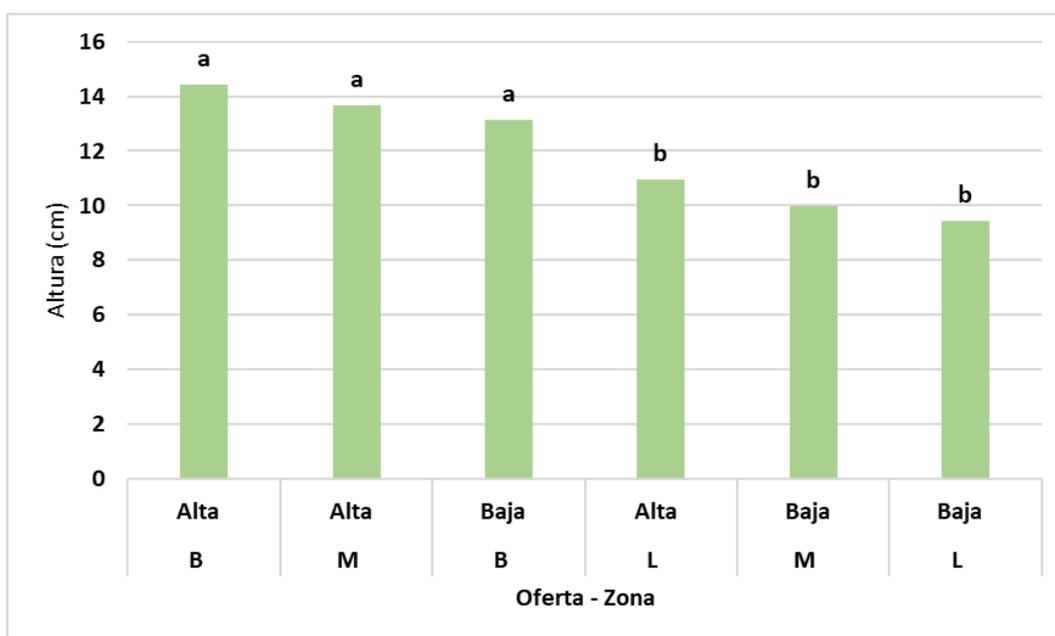
En la Figura 11 se presenta el efecto de la interacción entre la zona y la oferta de forraje, sobre la altura de la pastura. En este sentido, se observa que las interacciones se conjugan en dos grupos diferentes. Las alturas más altas, se dieron en las zonas de bajos, independientemente de a qué oferta fuesen sometidos, en conjunto con la zona media sometida a ofertas más altas. En esta última zona, las ofertas más altas permiten que las defoliaciones sean más leves que en condiciones de ofertas más bajas, lo que permite un remanente mayor, y, consecuentemente, la pastura podrá igualar o superar la altura que tuvo antes de ser pastoreada en menor tiempo. Smetham (1981) reafirma lo expuesto, desarrollando que la recuperación de la pastura será más rápida cuanto mayor sea la cantidad total de tejido remanente fotosintético de la planta posterior a un pastoreo.

Por su parte, las menores alturas se dieron en las zonas de litosol independientemente de a qué oferta se someta, en conjunto con la zona media sometida a bajas ofertas de forraje. Este resultado, en conjunto con el presentado en la Figura 10, permite observar que el litosol tiende a posicionarse en la sección de menores alturas promedios, independientemente del método de pastoreo u oferta a la que fueran sometidas, esto deja determinar que la altura de la pasturas de este tipo de zonas están

condicionadas por el tipo de comunidades que se desarrollan en estos sobre ese tipo de suelos, las cuales en ausencia de competencia por luz, tendieron a crecer y desarrollarse en alturas que rondan los 10 cm.

Figura 11

Alturas medias (cm) de la pastura según interacción oferta de forraje x zona



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p-valor < 0.1).

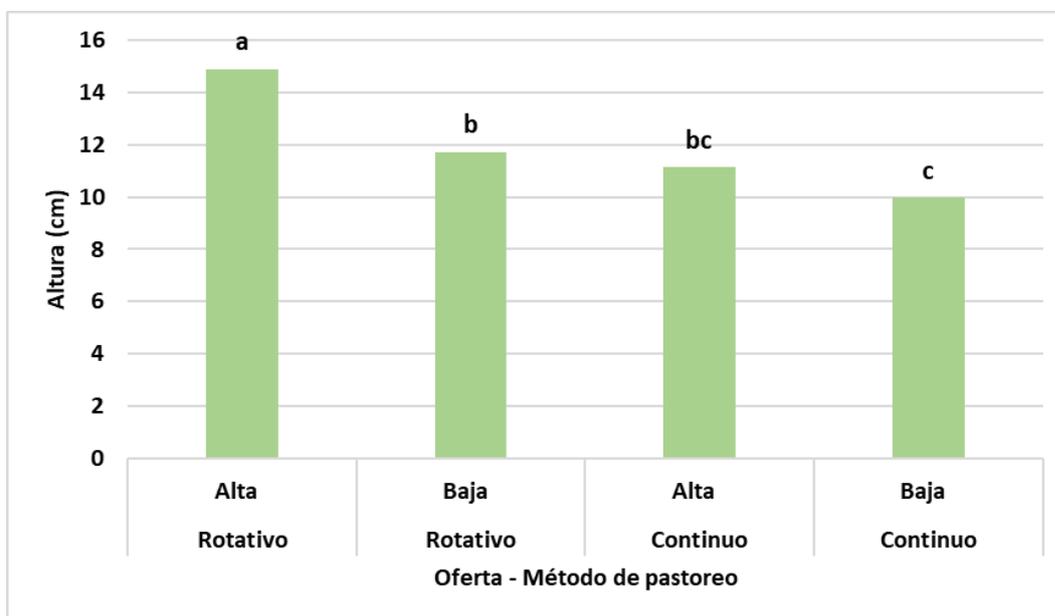
Resulta interesante observar, que en ambas interacciones evaluadas (Figuras 10 y 11), la tendencia del ordenamiento de las alturas en función de las zonas fue extremadamente similar, denotando el marcado efecto que tiene este factor sobre la característica de la pastura. Las características edáficas son una de las fuentes de caracterización más importantes de una pastura según Millot et al. (1987), dado que estas determinan ambientes diferentes donde solo se podrán establecer y persistir comunidades que presenten mecanismos de adaptación a esos determinados ambientes.

Ahora bien, al observar el comportamiento de la altura en función del método de pastoreo interaccionando con la oferta de forraje (Figura 12), se observa que el rotativo presenta alturas estadísticamente diferentes en función de la oferta, donde las altas ofertas presentan una altura superior que a ofertas bajas, y que al resto de interacciones. Por su parte, el sistema continuo presenta alturas que son estadísticamente iguales

independientemente de si se somete a bajos o altas ofertas de forraje. No obstante, el sistema rotativo sometido a bajas ofertas presenta una altura igual al sistema continuo a altas ofertas.

Figura 12

Alturas medias (cm) de la pastura según interacción método x oferta de forraje



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p-valor < 0.1).

Estos resultados, podrían aludir a la existencia de cierta homogeneidad respecto a la estructura de la pastura dentro de los sistemas continuos, donde se generan ambientes más propicios para defoliaciones más frecuentes de la pastura, que estimulan el desarrollo de estructuras fisiológicas más postradas y de tipos productivos de menor porte (Berretta et al., 1990; Formoso, 2005).

Por otra parte, estos datos se justifican por lo expuesto por Formoso (1996), quien expone que, en verano, defoliaciones severas llevan a depresiones en la población, por lo que es esperable que ofertas bajas y pastoreos continuos presenten menor altura.

5.3.2. Alturas particionadas por subperiodo

5.3.2.1. Interacción Zona x Método

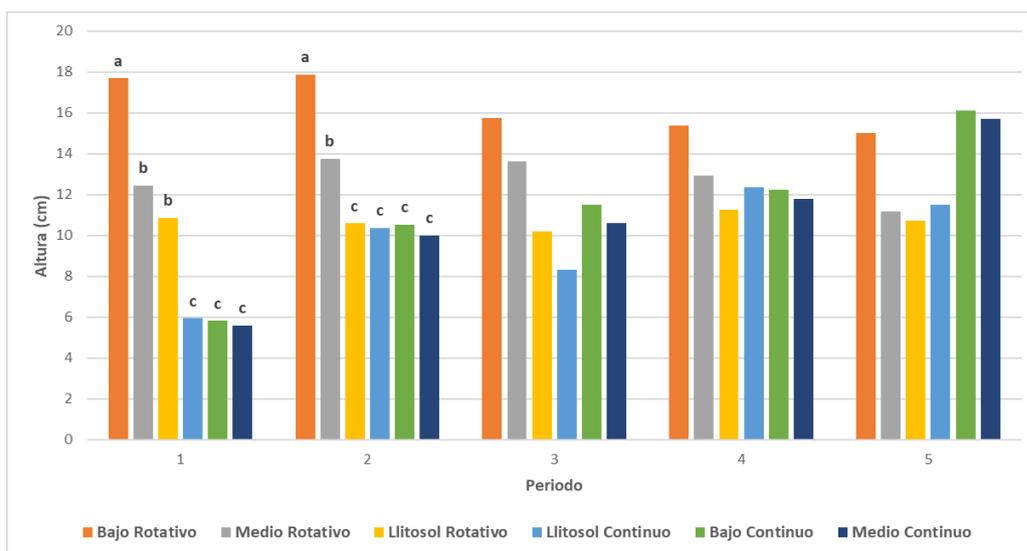
A partir de la Figura 13, se puede observar que, durante el período 1 y 2 la interacción entre la zona y el método de pastoreo presentó un efecto significativo sobre la altura de la pastura, sin embargo, la significancia de esta interacción deja de ser significativa a partir del periodo 3.

Durante el transcurso del período 1, se puede determinar que los métodos de pastoreo se diferenciaron entre sí, formando dos grupos de alturas distintas, donde los sistemas rotativos presentaron alturas superiores a los continuos.

Los sistemas continuos, no presentaron un efecto de la zona durante este periodo, presentando una altura media de 5,8 cm. No obstante, el sistema rotativo si presentó efecto de la zona topográfica, donde la zona de bajo presentó la mayor altura, mientras que la zona media y de litosol no presentaron diferencias estadísticas entre ellas. Estos resultados siguieron la línea que los presentados cuando se evaluó el periodo experimental en su totalidad, los cuales fueron discutidos en dicha sección.

Figura 13

Altura (cm) de la pastura según interacción zona x método de pastoreo en cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p-valor < 0.1).

Por su parte, en el periodo 2, puede observarse en la Figura 13 que el rotativo en zona de bajos presenta mayor altura que el resto de las interacciones.

Es destacable que las alturas del sistema rotativo no variaron en gran medida respecto al período 1, mientras que las alturas del sistema continuo aumentaron de forma significativa, hasta el punto de que llegaron a igualarse a la zona litosol bajo método rotativo.

Ahora bien, del periodo 3 en adelante, dejan de darse diferencias estadísticas entre las distintas interacciones. Esta ausencia de diferencia puede estar dada porque los sistemas rotativos desde comienzos del experimento presentaron un nivel de altura de la pastura elevado, el cual se mantuvo estable durante todo el periodo de experimentación. Por su parte, los sistemas continuos se encontraban intensamente pastoreados al inicio del experimento, presentando una pastura de muy baja altura, la cual durante los periodos 1 y 2 tendió a incrementarse, hasta igualar estadísticamente a los sistemas rotativos. A su vez, al no haberse presentado limitantes hídricas durante el periodo de experimentación, permitió que las pasturas lograran expresar significativos niveles de crecimiento, llevando a la ausencia de diferencia entre zonas durante los últimos periodos.

5.3.2.2. Interacción Zona x Oferta

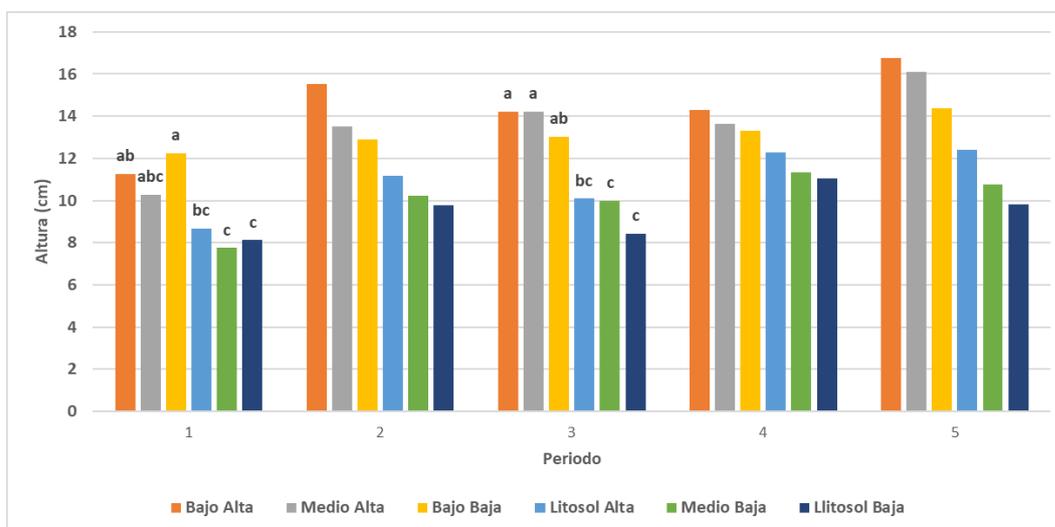
Esta variable presentó efecto únicamente durante los periodos 1 y 3, mientras que en el resto de los periodos no presentaron ningún efecto sobre la altura de la pastura (Figura 14).

Durante el periodo 1, no hubo diferencias entre las zonas de bajos, independientemente de la oferta, y entre la zona media a alta oferta. Cabe destacar que la zona de bajo con oferta baja fue la única que se diferenció estadísticamente del resto de las interacciones no expuestas anteriormente. Por su parte, la zona de bajo a alta oferta, solo se diferenció de las zonas de litosoles y de la zona media a baja oferta de forraje.

En este sentido, la zona de bajo al presentar mayor altura lleva a que cada pastoreo sea de menor impacto en la reducción de láminas, lo que hace que sean más eficientes en el crecimiento, y de este modo las alturas tienden a ser mayores. A su vez, que la oferta baja otorgue mayores alturas puede parecer contraintuitivo, sin embargo, como expone Mezzalira (2009), en primavera, estación que abarca este periodo, ofertas de 8% maximizan las tasas de crecimiento, dado que mantiene una mayor proporción de los tejidos de la pastura en estado vegetativo.

Figura 14

Altura (cm) de la pastura según interacción zona x oferta de forraje en cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p-valor < 0.1).

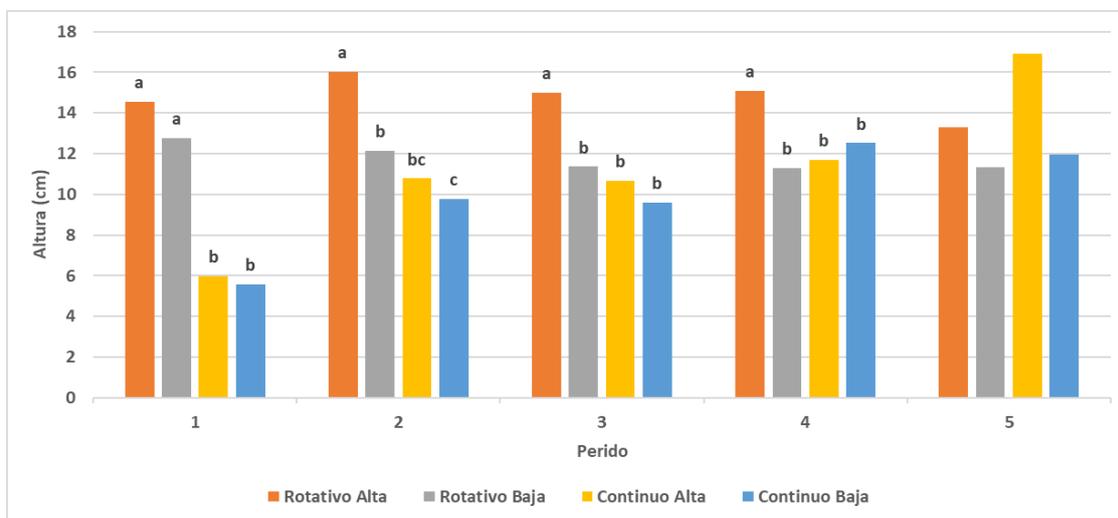
Durante el periodo 3, puede apreciarse que la zona media a alta oferta es la que presenta mayor altura, no diferenciándose de los bajos, tanto de alta como baja oferta. En estos resultados puede verse una gran influencia de la oferta, que permite a la zona media, de menor potencial productivo que la zona de bajos, igualarse en altura con esta última, gracias al menor impacto que se ejerce sobre las láminas de la pastura cuando son sometidas a ofertas altas. Por su parte, durante este periodo, se dio un leve déficit hídrico, el cual podría haber afectado más a la zona media que era sometida a baja oferta respecto a la sometida a altas ofertas.

5.3.2.3. Interacción Método x Oferta

Puede observarse en la Figura 15 que el factor Método-Oferta, fue una de las variables que influyó en un mayor número de periodos, afectando la altura que experimentó la pastura desde el periodo 1 al 4.

Figura 15

Altura (cm) de la pastura según interacción método x oferta de forraje en cada subperíodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p-valor < 0.1).

Durante el período 1, se observó una fuerte influencia del método, donde los sistemas rotativos presentan una altura superior a los sistemas continuos, siendo la altura media de 14 cm y 6 cm, respectivamente. La oferta no fue capaz de compensar o variar el significativo efecto del método de pastoreo, presentando una altura media de 10 cm respecto al efecto de esta variable. En este sentido, los resultados acompañan lo expuesto por Berretta (2005), quien expone que los sistemas rotativos permiten una mejor recuperación de los tejidos fotosintéticos, gracias a los días de descanso que estos experimentan.

Durante el periodo 2, se puede observar que el rotativo de oferta alta es aquel que presenta mayor altura, siendo diferente significativamente del resto de las interacciones. En este contexto, los días de descanso le otorgan a la pastura una mejor recuperación de las estructuras fotosintéticas, permitiéndole alcanzar mayor altura en menor tiempo. A su vez, las altas ofertas permiten una menor intensidad de defoliación de láminas, lo cual genera una menor afectación de los sistemas fotosintéticos, permitiendo una recuperación más rápida de las estructuras de las plantas (Nabinger & Carvalho, 2009).

Las menores alturas se dan en el sistema continuo, independiente de la oferta, sin embargo, debe observarse que el rotativo de baja y el continuo de alta no se diferencian estadísticamente. Es interesante observar, que bajo método continuo, se experimentó un significativo aumento de la altura respecto al periodo anterior, mientras que los sistemas rotativos presentan alturas que no difieren en gran medida con el periodo pasado. En este sentido, los sistemas continuos aumentaron 4 cm en promedio la altura de su pastura, mientras que los sistemas rotativos presentan la misma media del período 1.

Ahora bien, se puede observar en la Figura 15 que los periodos 3 y 4 presentan el mismo comportamiento ante esta variable. En ambos periodos, la única diferencia relevada se da a favor del sistema rotativo a altas ofertas, la cual presenta una altura superior al resto de interacciones, donde estas últimas no se diferencian estadísticamente entre sí.

Esto puede deberse a que el tratamiento rotativo de alta, durante todo el periodo de experimentación, presentó niveles de altura similar y superiores al resto de tratamientos, como fue dicho anteriormente. Esto podría indicar que esta interacción presentaba niveles de IAF que se encontraban en torno al óptimo de las comunidades que se desarrollaron en ese tratamiento, lo cual, en conjunto de bajas intensidades de defoliación al ser sometidas a altas ofertas, le permite una rápida recuperación de sus estructuras fotosintéticas. Por su parte, el resto de los tratamientos, no se encontraban con un nivel de IAF que pudiera igualar el comportamiento del rotativo a alta oferta.

No obstante, si bien el periodo 5 no registró efecto de la interacción del Método y la Oferta, es destacable que estas variables presentaron efecto de forma individual. En este sentido, el sistema continuo consiguió superar al sistema rotativo, presentando una media de altura de 14,4 cm y de 12,3 cm, respectivamente. Por su parte, los tratamientos sometidos a altas ofertas presentaron una altura media de 15 cm, mientras que los tratamientos de baja oferta presentaron una altura media de 12 cm.

5.4. MATERIA SECA DISPONIBLE

5.4.1. Materia seca disponible promedio del periodo experimental

Todos los factores evaluados, y sus interacciones expresaron diferencias significativas en los kg de Materia seca (MS) disponible, a excepción del método, que dio una media de 2900 kg de MS disponible entre rotativo y continuo.

Tabla 15

Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción zona x método

Zona	Método	kg MS disponible/ha
Bajo	Rotativo	3533 a
Litosol	Continuo	3177 ab
Litosol	Rotativo	3002 b
Bajo	Continuo	2907 b
Medio	Continuo	2821 b
Medio	Rotativo	2802 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Como se observa en Tabla 15, la zona baja sometida a método rotativo presenta una mayor disponibilidad de materia seca promedio que el resto de los tratamientos, sin diferenciarse del litosol bajo método continuo. Es de destacar que el litosol, bajo método continuo no se diferencia de ningún tratamiento. Que esta interacción no tenga diferencias significativas con el bajo sometido a método rotativo puede estar explicado por la selectividad de los animales. En este sentido, en el litosol hay una gran producción de especies ordinarias y poco apetecidas por los animales como el *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (Rosengurtt et al., 1960), por lo que cuando no se le ejerce una limitante espacial, el animal tiene la posibilidad de elegir pastorear en parches donde hay una mejor calidad de pasto, como lo puede ser una zona de bajo o medio. Esto le puede haber permitido a esta zona igualar los niveles de disponibilidad de las zonas bajas de los sistemas diferidos. No obstante, los diferentes sistemas de pastoreo no consiguen generar diferencias dentro de las zonas de litosol y de las zonas medias.

Resultados similares fueron encontrados por Armúa (2013) al evaluar los niveles de disponible entre zonas de laderas altas, medias y zonas de bajos sometidas a sistemas rotativos, sólo consiguió observar diferencias entre las laderas altas y medias cuando los

períodos de descanso superaban los 40 días. Por su parte, la zona de bajos siempre tendió a presentar mayores niveles de disponible en comparación a las otras dos zonas evaluadas por el autor.

Tabla 16

Materia Seca disponible (kg MS/ha) según interacción zona x oferta de forraje

Zona	Oferta de forraje	kg MS disponible/ha
Bajo	Alta	3280 a
Litosol	Alta	3202 a
Medio	Alta	3162 a
Bajo	Baja	3161 a
Litosol	Baja	2978 a
Medio	Baja	2461 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Puede observarse en la Tabla 16, que la única interacción que presentó significativamente un menor disponible fue el de zona media sometida a baja oferta. Por su parte, si bien se puede determinar la fuerte influencia que ejerce la zona sobre el nivel de disponibilidad a través de este cuadro, este también deja traslucir cierta tendencia a favor de los tratamientos de alta oferta. En este sentido, el Test de Tukey determinó diferencias entre este factor, presentando una media de 3215 kg MS/ha para los tratamientos de alta oferta y de 2867 kg MS/ha para los de baja oferta.

Tabla 17

Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción método x oferta de forraje

Método	Oferta de forraje	kg MS disponible/ha
Rotativo	Alta	3401 a
Continuo	Alta	3029 b
Continuo	Baja	2909 b
Rotativo	Baja	2824 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

El rotativo de oferta alta presenta la mayor cantidad de MS disponible promedio durante el período de evaluación, siendo el único que se diferencia significativamente del resto (Tabla 17). Estos resultados siguen una tendencia muy similar al comportamiento de la altura, por lo que los factores incidentes fueron discutidos en dicha sección. Estos resultados acompañan lo expuesto por Berretta et al. (1990) y Formoso y Gaggero (1990), quienes exponen que métodos rotativos favorecen la producción de forraje. Sin embargo, Berretta (2005) presenta que la tasa de crecimiento decae a medida que aumentan los días de descanso. Por otra parte, Moojen y Marashcin (2002), desarrollan que a medida que aumenta la oferta de forraje, aumenta la tasa de crecimiento, hasta ofertas de 12%, por lo que puede inferirse que ese perjuicio que tiene el método rotativo en la tasa de crecimiento diaria es atenuado implementando ofertas altas, lo que lleva a que la interacción de método rotativo con alta oferta lleve a la mayor disponibilidad de materia seca.

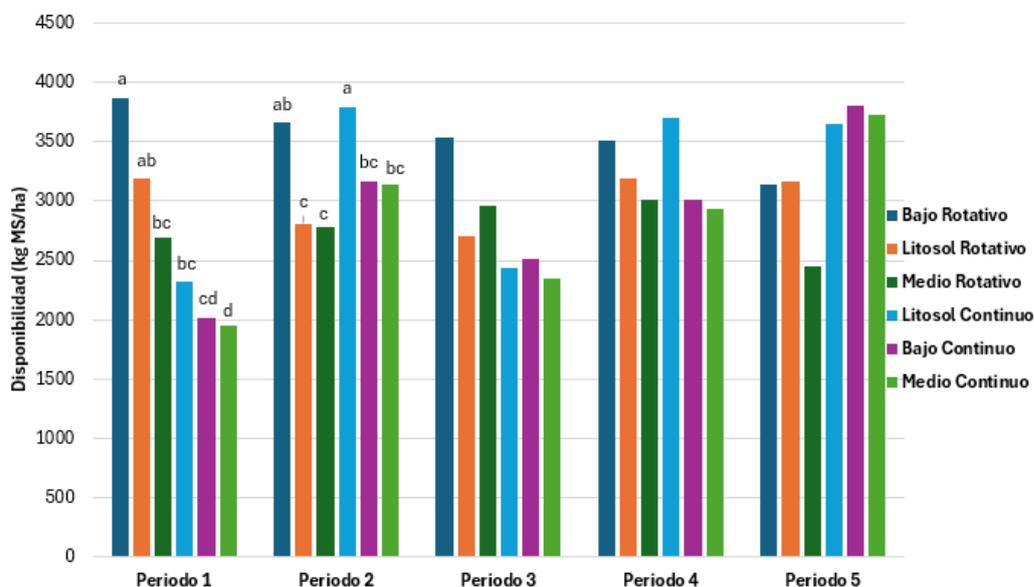
5.4.2. Materia seca disponible particionada por subperiodos.

5.4.2.1. Interacción Zona x Método

Esta variable sólo presentó efecto en los períodos 1 y 2, mientras que el restante de periodos se presentó neutral ante esta variable. Esta tendencia se compara con el comportamiento que presentó la altura ante esta variable.

Figura 16

Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción zona x método para cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1).

En el periodo 1 puede observarse que la zona baja sometida a sistemas rotativos se diferenció de las zonas medias, del bajo sometido a pastoreos continuos y de la zona de litosol; sin embargo no consiguió diferenciar su nivel de disponible de la zona de litosol en sistemas rotativos, donde en conjunto con esta última fueron la que presentaron mayor disponibilidad de materia seca. En este sentido, estos resultados se fundamentan en que la zona de bajos, al haber mayor IAF, las tasas de crecimiento son mayores, lo que acompaña la mayor producción primaria bajo métodos rotativos, como exponen Berretta et al. (1990) y Formoso y Gaggero (1990). Por su parte, los días de descanso que proporcionan estos sistemas favorecen la acumulación de materia seca.

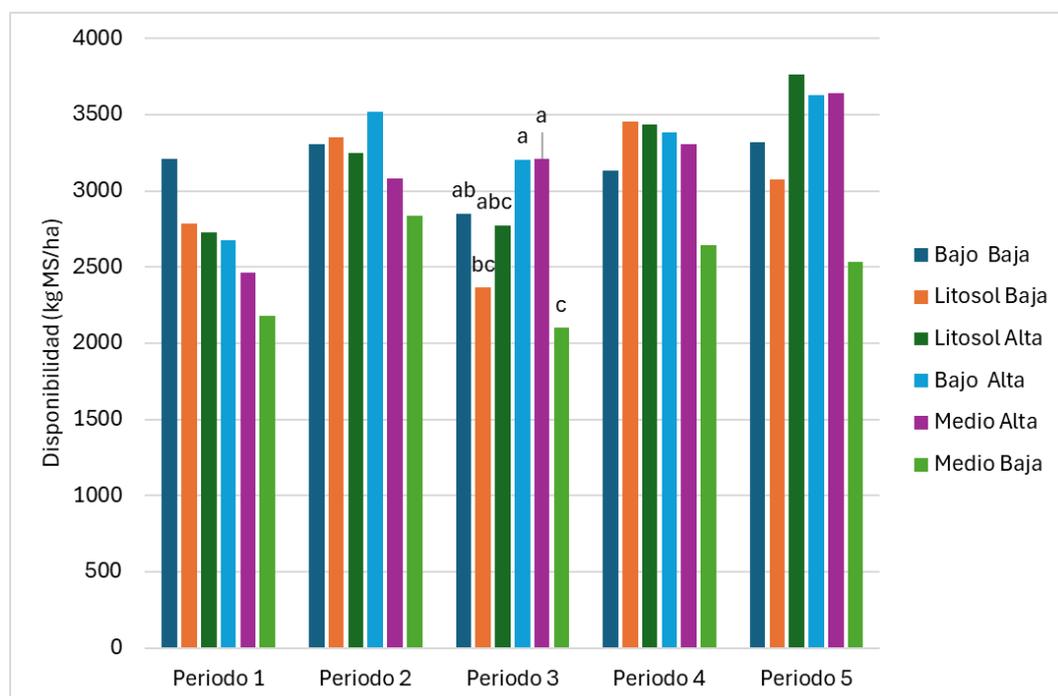
Por otra parte, en el periodo 2, al igual que cuando se evaluó la totalidad del periodo experimental, donde se explica este comportamiento, la zona de litosol bajo método continuo presenta la mayor disponibilidad de materia seca, no diferenciándose estadísticamente del rotativo en el bajo.

5.4.2.2 Interacción Zona x Oferta

Puede observarse en la Figura 17, que la interacción entre la oferta y la zona presentó efecto únicamente durante el periodo 3.

Figura 17

Materia seca disponible (kg Ms/ha) según interacción zona x oferta de forraje para cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1).

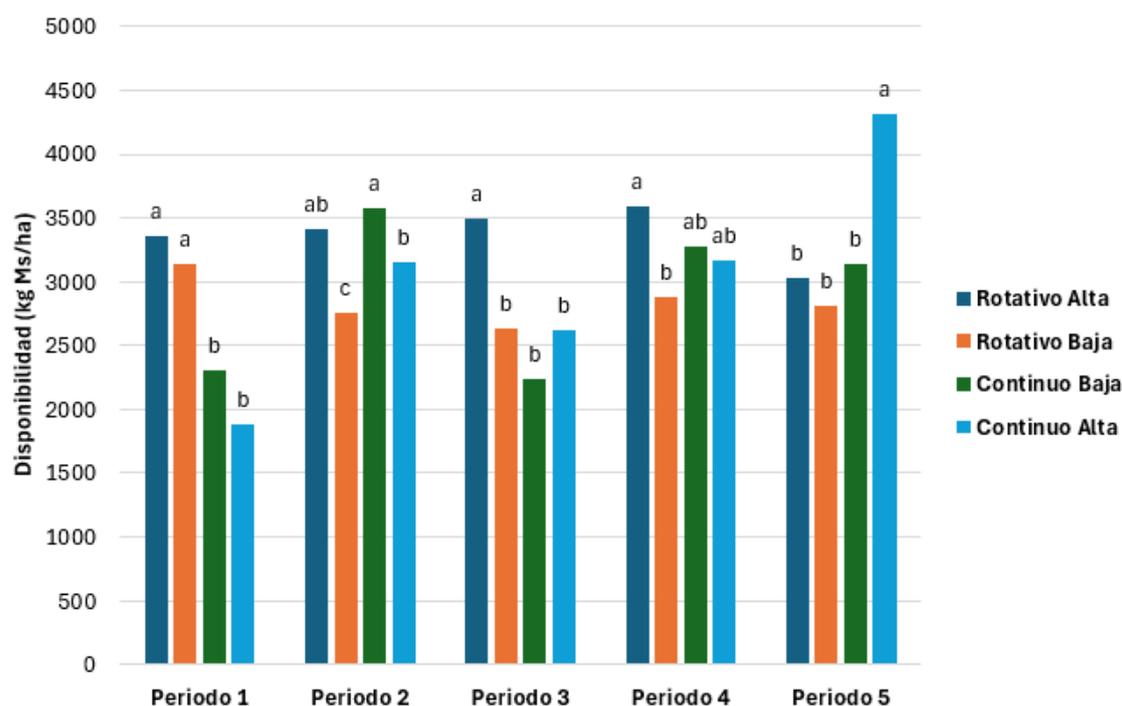
La zona media a ofertas bajas son las que menos disponibilidad poseen en el periodo 3, igualándose a su vez a las zonas de litosol. Las tasas de crecimiento no presentaron diferencias significativas, por lo que esta disponibilidad se asocia a la materia seca presente al inicio del periodo. Si se observa la Figura 14, puede apreciarse que el disponible de MS se comportó de forma muy similar a la altura de la pastura en este periodo.

5.4.2.3. Interacción Método x Oferta

Esta variable, se presentó como una de las más determinantes del nivel de disponibilidad de MS, dado su nivel de incidencia en todos los periodos. Los resultados expuestos en la Figura 18, presentan una tendencia muy similar al comportamiento experimentado por la altura, como es de esperar.

Figura 18

Materia seca disponible (kg MS/ha) según interacción método x oferta de forraje en cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1).

En los periodos 1, 3 y 4 los mayores niveles de disponibilidad de materia seca se dieron en los tratamientos rotativos de alta oferta. En este sentido es de destacar que en el periodo 1 hay un marcado efecto del método, ya que hay una división en los resultados, donde los rotativos presentan mayor disponibilidad que los continuos, no diferenciándose entre ofertas dentro de cada método. Esto se debe a que, al inicio del periodo, los tratamientos rotativos presentaban niveles de altura de la pastura significativamente superiores a los sistemas continuos. En el periodo 3 el único tratamiento que obtuvo mayor disponibilidad fue el rotativo de alta. Por otra parte, en el periodo 4 el rotativo de alta no se diferencia significativamente de los continuos a ambas ofertas.

En el periodo 1, las tasas de crecimiento acompañan el orden que presentan los resultados expuestos en la Figura 18, lo que explica en gran medida esa mayor disponibilidad por parte de ambos rotativos. Por otra parte, como exponen Berretta et al. (1990), Formoso y Gaggero (1990) y Berretta (2005), los métodos rotativos permiten

alcanzar una mayor producción de materia seca, dado que permiten una mejor recuperación de las plantas y su rebrote no es consumido de forma inmediata. Por su parte, la presencia de una mayor altura de la pastura en los tratamientos rotativos respecto a los continuos generaría un mayor potencial de captura de radiación, relacionado a un mayor IAF, lo que repercutirá en mayores tasas de crecimiento (Carámbula, 2004)

En el periodo 2 el continuo de baja oferta es aquel que presenta una mayor disponibilidad de materia seca, no habiendo diferencias significativas con el rotativo de alta oferta. El tratamiento continuo de baja oferta fue el que presentó la mayor tasa de crecimiento en este periodo, siendo esta de 43,7 kg/ha/día, por lo que hay una gran influencia de este factor en la disponibilidad de materia seca en este periodo.

Durante el transcurso del tercer período de evaluación, los mayores niveles de disponibilidad se dieron en el rotativo de alta, mientras que el resto de los tratamientos no presentaron diferencias entre sí. Por su parte, en el periodo 4 puede apreciarse que la oferta fue de gran influencia en la disponibilidad de materia seca, determinando distintos niveles de disponibilidad dentro de los sistemas rotativos. En ambos períodos, las tasas de crecimiento no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, por lo que la materia seca presente al inicio del periodo cumple un factor clave en las diferencias de disponibilidad. En este sentido, los niveles de disponibilidad se comportaron de manera análoga a la altura de la pastura.

En el periodo 5 el continuo de alta oferta fue el único que presentó una mayor disponibilidad de materia seca. En ese marco, el efecto que tiene la oferta, explicada en periodos anteriores, es capaz de superar la limitante que ofrece el continuo en relación a la capacidad de la pastura de desarrollar estructuras erectas, también discutida en periodos anteriores. No obstante, durante este periodo el continuo de alta presentó elevadas magnitudes de acumulación de materia seca, lo cual impulsa su nivel de disponibilidad.

5.5. UTILIZACIÓN DE MATERIA SECA

5.5.1. Evaluación del total del periodo experimental

Al evaluar la totalidad del periodo de estudio, se determinó a la oferta de forraje como único factor incidente sobre los niveles de utilización del disponible de MS (Tabla 18). No se encontró diferencias respecto al método de pastoreo ni entre las distintas zonas evaluadas.

Los animales sometidos a bajas ofertas realizaron un uso más intenso de la pastura redundando en mayores niveles de utilización de la misma. Esta misma tendencia fue expuesta por Lombardo (2012), quien expresó que ofertas de 8% derivan en una mayor utilización del pasto, siendo menor esta cuando se manejan ofertas cercanas al 12%.

Los niveles de utilización de la materia seca disponible, siguen las tendencias de los resultados de otros autores. Corrêa (1993) indica que ofertas forraje de 8% determinan niveles de eficiencia de pastoreo de 34,4% y 25,5% del disponible, para primavera y verano-otoño respectivamente, mientras que ofertas de forraje de 12% determinaron utilidades de 29,5% y 21,8% del disponible para primavera y verano-otoño respectivamente. Al ver la tabla 18, se puede apreciar que los niveles de utilización determinados acompañan los datos obtenidos por el autor.

Tabla 18

Utilización (% del disponible) promedio según oferta de forraje en todo el periodo experimental

Oferta (kg MS/ 100 Kg PV)	Utilización (% del disponible)
Baja	33 a
Alta	28 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

5.5.2. Evaluación por periodo

5.5.2.1. Interacción Método x Oferta

El efecto de la interacción entre el método de pastoreo y la oferta sobre la utilización de la pastura fue de gran relevancia, afectando en tres de los cinco periodos evaluados (Tabla 19).

Tabla 19

Utilización de MS según interacción oferta de forraje x método de pastoreo, por subperiodo

Método	Oferta	Medias periodo 1 (%)	Medias periodo 2 (%)	Medias periodo 3 (%)	Medias periodo 4 (%)	Medias periodo 5 (%)
Rotativo	Baja	34,0 a	25,2	26,9	38,4 a	39,6 ab
Continuo	Baja	33,5 a	51,7	13,2	35,7 a	33,1 b
Rotativo	Alta	27,6 a	20,5	25,2	31,5 a	25,5 c
Continuo	Alta	16,6 b	40,2	21,0	16,5 b	46,6 a

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1). Se expresa como % del disponible.

Los periodos 1 y 4, mostraron la misma tendencia, donde el continuo de alta presentó el menor nivel de utilización respecto a las otras interacciones. Durante estos períodos, el tratamiento continuo de alta fue el que presentó la menor carga animal, lo cual determina una menor intensidad de pastoreo.

Dentro del período 5, el rotativo de baja no presentó diferencias respecto a los tratamientos continuos, siendo estos quienes expresaron los mayores niveles de utilización. Por su parte, el rotativo de alta oferta fue el que presentó los menores niveles de utilización. Saldanha (2005) y Boggiano et al. (2005) sugieren que la disminución de la frecuencia de pastoreo se correlaciona con disminuciones de la magnitud de la utilización.

No obstante, si bien los periodos restantes no presentaron efecto de la zona de la interacción entre el método de pastoreo y la oferta de forraje, estos factores presentaron efecto individuales sobre esta variable. Durante el período 2, el continuo presentó niveles de utilización superiores a los tratamientos rotativos, siendo esta de 46% y 29% respectivamente. Por su parte los tratamientos sometidos a bajas ofertas presentaron 38,4% de utilización mientras que los de alta oferta presentaron una utilización del disponible de 30%.

En el período 3, únicamente la oferta presentó efecto sobre la variable en cuestión, donde su magnitudes fueron de 26% y 17% para el sistema rotativo y continuo, respectivamente.

5.5.2.2. Interacción Oferta x Zona

Esta interacción sólo presentó efecto sobre la utilización de la pastura en los periodos 2 y 3, sin presentarse diferencias en el resto de las interacciones.

Tabla 20

Utilización de MS según interacción oferta de forraje (OF) x zona, por subperíodo

OF	Zona	Ut. periodo 1 (%)	Ut. periodo 2 (%)	Ut. periodo 3 (%)	Ut. periodo 4 (%)	Ut. periodo 5 (%)
Baja	Litosol	35,5	41,5 a	20,0 abc	40,8	34,9
Baja	Medio	33,6	42,1 a	17,0 bc	36,4	41,3
Baja	Bajo	32,3	31,8 ab	23,2 ab	34,1	32,8
Alta	Bajo	26,1	36,1 ab	32,4 a	25,8	35,1
Alta	Medio	21,3	24,5 b	31,1 ab	24,2	36,2
Alta	Litosol	18,9	30,5 ab	5,9 c	22,1	36,9

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1). Ut.: Utilización expresada como % del disponible.

Durante el período 2, los menores niveles de utilización se dan en las zonas medias cuando son sometidas a altas ofertas de forraje, sin embargo, esta solo logra diferenciarse estadísticamente de la zonas de litosol y zonas medias sometidas a bajas ofertas; mientras que el resto de las interacciones no presentan diferencias entre sí.

Durante el período 3, solo se perciben diferencias entre el bajo a altas ofertas respecto a la zona media a baja oferta y la zona de litosol a altas ofertas; por su parte estas dos últimas interacciones no se diferencian entre sí.

5.5.2.3. Interacción Método x Zona

Esta fue la interacción entre factores que presentó menor frecuencia de incidencia, afectando los niveles de utilización únicamente en el periodo 5. En los restantes períodos,

no se encontraron diferencias respecto a la utilización de la pastura que se desarrolla en cada zona cuando estas se someten a distintos métodos de pastoreo (Tabla 21). No obstante, se debe tener en cuenta que, al analizar el promedio de las zonas, el método presentó efecto significativo en todos los periodos evaluados (Tabla 22); sin embargo no se dio una tendencia marcada a favor de ninguno de los métodos de pastoreo respecto al nivel de utilización.

Tabla 21

Utilización de MS según interacción método de pastoreo x zona, por subperiodo

Método	Zona	Ut. periodo 1 (%)	Ut. periodo 2 (%)	Ut. periodo 3 (%)	Ut. periodo 4 (%)	Ut. periodo 5 (%)
Rotativo	Litosol	33,4	21,9	16,5	30,4	36,8 ab
Rotativo	Bajo	33,3	26,2	34,1	37,6	26,7 b
Continuo	Medio	29,1	46,1	20,5	23,7	43,4 a
Rotativo	Medio	25,8	20,5	27,5	36,8	34,1 ab
Continuo	Bajo	25,1	41,7	21,5	22,3	41,1 a
Continuo	Litosol	21,0	50,0	9,3	32,5	35,0 ab

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1). Ut.: Utilización expresada como % del disponible.

Durante el periodo 5, la zona de bajos manejada en sistemas rotativos presentó las menores magnitudes de utilización de la pastura, sin embargo, sólo fueron estadísticamente menores respecto a las zonas medias y bajas al ser sometidas a pastoreo continuo. El resto de las interacciones no se diferenciaron estadísticamente entre sí.

Tabla 22

Utilización de la MS (% del disponible) según el método de pastoreo, por subperiodo

Método	Ut. periodo 1 (%)	Ut. periodo 2 (%)	Ut. periodo 3 (%)	Ut. periodo 4 (%)	Ut. periodo 5 (%)
Rotativo	31 a	23 b	26,1 a	35 a	40 b
Continuo	25 b	46 a	17,1 b	26,1 b	32,5 a

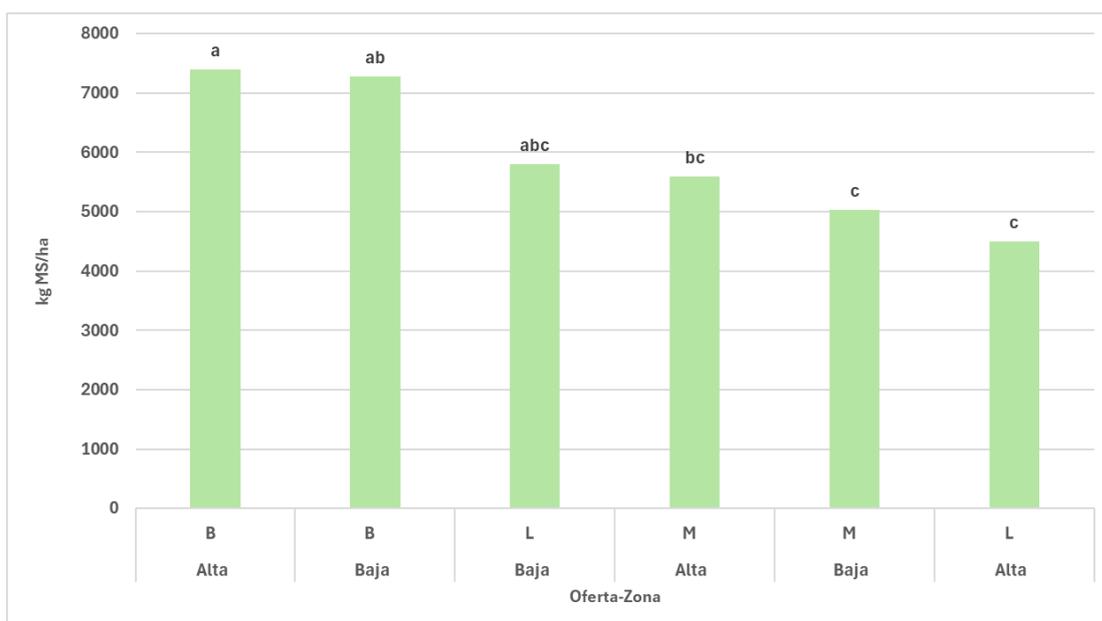
Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

5.6. PRODUCCIÓN PRIMARIA

La producción total de materia seca del periodo de estudio, no se vio influenciada por el método de pastoreo, donde la media de producción fue de 5933 kg MS/ha. Esta variable se vio afectada únicamente por el efecto de la interacción entre la oferta de forraje y la zona topográfica (ver Figura 19 y Anexo I).

Figura 19

Producción de materia seca (kg MS/ha) total según interacción oferta de forraje x zona



Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p -valor < 0.1). B: Zona de bajos, M: Zona media, L: Litosol

Las zonas de bajos sometidos a altas ofertas de forraje, consiguió diferenciarse significativamente de las zonas medias, independientemente de a qué oferta se sometan, y se diferenció a su vez de la zona de litosol sometido a altas ofertas de forraje. Sin embargo, si a la zona de bajo se la somete a bajas ofertas de forraje, solo logra diferenciarse de la zona media sometida a baja oferta de forraje y de la zona de litosol sometida a alta oferta de forraje.

Se puede observar en la Figura 19, que dentro de cada zona no se presenta un efecto claro de la oferta, dado que, dentro de cada una, los niveles de producción primaria son estadísticamente iguales a ofertas altas o bajas. Sin embargo, el uso de distintas

ofertas permite que se generen mayores grados de similitud o diferencia respecto a los niveles de producción primaria entre las distintas zonas evaluadas.

Es esperable que los mayores niveles de producción se hayan dado en las zonas de bajo, dado que estas zonas se caracterizan por presentar altos niveles de fertilidad y por estar dominados por especies estivales que suelen presentar altas tasas de crecimiento durante la primavera, verano y el otoño (Mazzitelli, 1986). La comunidad que se encuentra desarrollada en esta zona topográfica se caracteriza por presentar altas proporciones de especies productivas como el *Paspalum dilatatum* y *Festuca arundinacea* en comparación a las restantes zonas, las cuales durante el periodo de evaluación no experimentaron un déficit hídrico que limitara su crecimiento, permitiéndoles realizar uso de la abundancia de recursos del suelo, la radiación y la temperatura que tenían disponible.

Sin embargo, el hecho de que las zonas de litosoles al ser sometidas a altas intensidades de defoliación hayan igualado los niveles de producción de las zonas de bajos puede resultar llamativo. Esta zona, se caracterizó por presentar altas cantidades de *Cynodon dactylon*, *Bouteloua megapotamica*, *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*. Carámbula (2004) sugiere que las gramíneas postradas, como resultado de la disposición de sus hojas interceptan más luz que las gramíneas cespitosas y por lo tanto suelen presentar una mayor facilidad para recuperar su área foliar óptima. Al someter a esta comunidad a bajas ofertas, sufren niveles de defoliación más intensa, lo cual le suprime la limitante del sombreado que causan los doseles más altos del tapiz respecto a los más bajos, el cual es una de las principales limitantes del crecimiento de las especies estoloníferas y rizomatosas, a su vez, mantiene una estructura del tapiz compuesta por tejidos nuevos que son eficientes fotosintéticamente. Esto puede haber permitido a estas especies realizar un mejor uso de la radiación, que en conjunto con abundantes precipitaciones compensan la principal limitante de estos suelos, permite un activo crecimiento de estas comunidades.

En este sentido, se puede observar que cuando en esta zona se disminuye la oferta de forraje, la producción total de materia seca se incrementa en 1300 kg MS/ha, llevando a que la producción se iguale estadísticamente a la zona de bajos. El hecho de que las gramíneas postradas presenten rebrotes más rápidos que las especies cespitosas, permite que estas alcancen antes su IAF óptimo, por lo que, si estas no son defoliadas

frecuentemente, tienden a acumular restos secos, disminuyendo su capacidad de interceptar radiación y por lo tanto tienden a presentar menores niveles de producción con manejos aliviados (Carámbula, 2004). Esto se evidencia en la zona de Litosol sometida a altas ofertas.

Las zonas medias, se posicionaron en niveles intermedios de producción de materia seca respecto al resto de zonas. Estas se caracterizaron por presentar las mayores proporciones de especies invernales como *Stipa setigera*, *Stipa charruana* y de anuales invernales ordinarias, mientras que la mayor proporción de especies estivales estaba dada por *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, presentando a su vez bajos contenidos de especies perennes estivales finas. Esto puede haber condicionado el nivel de producción de estas zonas, dado que, durante el verano, las especies invernales reducen de forma significativa su crecimiento y su lozanía, llegando incluso a niveles mínimos de crecimiento (Rosengurtt, 1946). Sin embargo las especies invernales, pueden aumentar en parte su actividad en el veranos con lluvias frecuentes y con períodos de temperaturas refrescantes (Rosengurtt, 1946), por lo tanto, los niveles de producción de esta zona estuvieron condicionadas en gran medida por los niveles de precipitaciones, que a su vez permitieran el desarrollo de cierta cantidad de días con ausencia de temperaturas extremas que estimularan el crecimiento de las especies invernales y por el potencial de producción de *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*.

No obstante, todas las interacciones evaluadas, presentan niveles de producción de materia seca que superan ampliamente lo determinado por otros autores, para un periodo temporal similar, llegando a igualar e incluso a superar la producción total anual para este tipo de suelos. Millot et al. (2003), determinaron que la producción media anual de cuatro años de evaluación (desde 1998 a 2002) para el potrero donde fue realizado el presente trabajo, fue de 3983 kg MS/ha para la zona de bajos, de 4102 kg MS/ha en las zonas de laderas profundas y de 2878 kg MS/ha en las zonas laderas superficiales. Por su parte, estos autores observaron producciones de 6907 kg MS/ha y de 5121 kg MS/ha cuando se empleaban bajas frecuencias de pastoreo, para la zona de bajos y laderas respectivamente.

Boggiano et al. (2005) evaluaron la producción primaria de un campo natural dentro de la EEMAC, donde si se considera el último tercio de la primavera, la totalidad del verano y el primer tercio del otoño presentado por dichos autores, la producción

primaria se encuentra en torno a los 3000 kg MS/ha en zonas de bajos y en 2540 kg MS/ha en la zonas de laderas. Estos niveles de producción se encuentran notoriamente por debajo de los presentados en el presente trabajo.

Por su parte, Gallinal et al. (2016), en su trabajo realizado en la EEMAC, evaluaron la producción de materia seca del campo natural durante enero-febrero y Marzo-Mayo, bajo distintos niveles de intervención. En este sentido, determinaron que el campo natural, bajo ningún tipo de intervención (testigo del trabajo), consiguió producir 3984 kg MS/ha. El ambiente climático de este trabajo se caracterizó por presentar excesos hídricos en los meses estivales, pero presentó un déficit de 50 mm durante los meses otoñales de la evaluación.

Sin embargo, Armúa (2013) evaluó la producción de materia seca en el mismo potrero experimental que el presente trabajo, el cual era sometido a pastoreo rotativo bajo distintas frecuencias de pastoreo en función de cada tratamiento, realizando su evaluación desde el mes de abril hasta el mes de noviembre. De este modo, el autor observó que los mayores niveles de producción se dieron en las zonas de bajo y de laderas altas, quedando las zonas de laderas medias en niveles inferiores a las anteriores. Por su parte, las zonas de bajos consiguieron producir más de 7000 kg MS/ha con descansos de 20 días, mientras que al aumentar los días de descanso la producción primaria desciende y se vuelve a incrementar cuando se emplean 80 días de descanso, llegando a niveles de producción que superan los 8000 kg MS/ha. Por su parte, las zonas de ladera media consiguieron niveles de producción de entre 7000 y 8000 kg MS/ha cuando se emplearon entre 40 y 60 días de descanso.

Las condiciones climáticas del experimento realizado por este autor fueron similares a las del presente trabajo, donde las temperaturas medias mensuales se encontraron dentro de las medias históricas, mientras que las estaciones de mayor potencial productivo presentó niveles de precipitaciones que se encontraron por encima de las medias mensuales, lo cual permite explotar el potencial de las pasturas.

Por lo tanto, cuando las condiciones climáticas no son limitantes durante los momentos de mayor potencial productivo de las pasturas naturales, estas consiguen niveles de producción que se encuentran por encima de la media para este tipo de suelos. Saldanha (2005) sugiere que es necesario tener presente el efecto año sobre la producción

primaria, dado que este puede disminuir el impacto de los días de descanso e incluso puede inducir a que los mayores niveles de producción se den en condiciones de pastores más frecuentes. Rosengurtt (1946) alude a que la variabilidad climática que caracteriza nuestra región, genera una marcada inconsistencia en la intensidad de los procesos de crecimiento de las pasturas, suscitando que los procesos de alargamientos foliares y caulinares de las estructuras vegetativas visibles y útiles se dan durante periodos de intensidad y duración extremadamente variables.

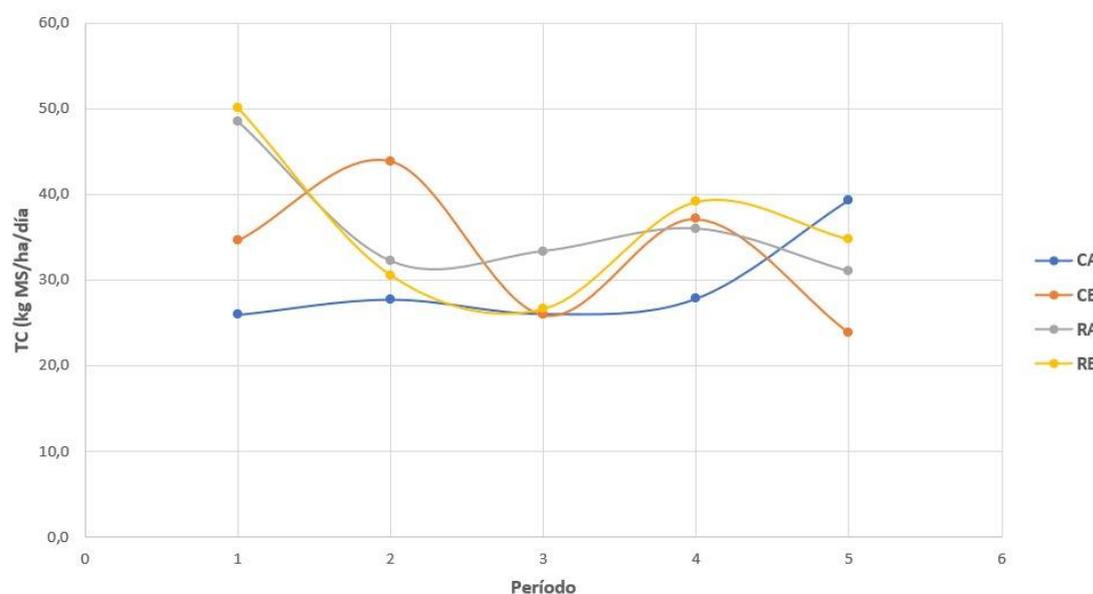
5.7. TASA DE CRECIMIENTO

La Producción Primaria presentada en la sección anterior, es resultado de las tasas de crecimiento que se dieron durante el periodo de experimentación. A lo largo de este período, la tasa de crecimiento presentó oscilaciones en su magnitud, que responden a distintas acciones del clima, a las zona topográfica, la oferta de forraje, el método de pastoreo, y las interacciones de estas, dependiendo del periodo observado.

Por esto, a continuación, se presenta el análisis del comportamiento de esta variable dentro de cada periodo, y cuáles fueron los factores que presentaron mayor incidencia sobre la misma. Sin embargo, es de destacar el significativo efecto que presentó la zona topográfica sobre la producción de materia seca, la cual, en interacción con la oferta de forraje, fueron las variables comunes a todos los períodos que determinaron en mayor medida las magnitudes de la tasa de crecimiento (Figura 20).

Figura 20

Tasas de crecimiento en los distintos periodos según tratamiento



Nota. CA: Continuo de oferta alta, CB: Continuo de baja oferta, RA: Rotativo de alta oferta, RB: Rotativo de baja oferta.

5.7.1. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 1

Durante el transcurso de este período, los tratamientos rotativos, presentaron una tasa de crecimiento promedio significativamente superior (p -valor < 0.0001) a los tratamientos continuos, donde la magnitud de esta variable fue de 53 kg MS/ha/d en los rotativos y de 29 kg MS/ha/d en los tratamientos continuos. La altura de la pastura de los tratamientos continuos al inicio de este período era significativamente menor a la de los tratamientos rotativos (ver Figura 15), lo cual limitó su capacidad de interceptar radiación.

A pesar de ello, al observar el efecto de la interacción del método de pastoreo y la zona (Tabla 23), la tasa de crecimiento de los métodos de pastoreo no logra presentar diferencias estadísticas en todos los casos.

En este sentido, las zonas de bajos sometidas a pastoreos rotativos, logró diferenciarse de los tratamientos sometidos a pastoreo continuos, sin embargo, dentro del sistema rotativo, únicamente las zonas de litosoles consiguieron diferenciarse de la zona de litosol sometida a pastoreo continuo, siendo el resto de las interacciones

estadísticamente iguales. Por lo tanto, la superioridad que presentaron los sistemas rotativos respecto a los sistemas continuos está dada en gran medida por la elevada magnitud de la TC que presentaron los bajos, la cual permite elevar la media del sistema rotativo.

Los días de descanso que experimentan estos sistemas diferidos, permite que el desarrollo del IAF se dé de forma ininterrumpida por cierto lapso de tiempo (Berretta, 2005), lo cual lleva a que la capacidad de intercepción de la luz se vea incrementada hasta que se aproxime a los niveles óptimos de IAF (Carámbula, 2004). A su vez, en este momento del año, las hojas probablemente presentaban altas eficiencia fotosintética, dado que los niveles de acumulación de materia seca estaban constituidos por hojas nuevas y no se presentaban niveles de restos secos elevados. Esto permite hacer un mejor uso de la abundancia de recursos que presentan este tipo de zonas, logrando de este modo presentar altas tasas de acumulación de materia seca.

Tabla 23

Efecto de la Interacción método x zona sobre la tasa de crecimiento, en subperiodo 1

Método	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Rotativo	Bajo	68,4 a
	Litosol	49,1 ab
	Medio	41,3 bc
Continuo	Medio	35,1 bc
	Bajo	30,4 bc
	Litosol	20,8 c

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Por su parte, la oferta presentó efectos significativos sobre las distintas zonas topográficas, incidiendo así sobre la TC. Dentro de la zona de bajos, cuando esta se sometió a bajas ofertas, logró acumular 25,2 kg MS/ha/d por encima la media de tratamientos que son estadísticamente diferentes (Tabla 24).

Al inicio del periodo, la altura de la pastura de la zona de bajos no presentaba diferencia con respecto a la oferta que fueron sometidas. Al no presentarse una limitante hídrica que condicione el crecimiento de la pastura, permite que el manejo más intenso de las zonas bajas que presentan altos potenciales de producción logre mantener una estructura de la pastura más joven y más eficiente fotosintéticamente, favoreciendo el crecimiento de la misma.

Tabla 24

Interacción oferta de forraje x zona y tasa de crecimiento, en subperiodo 1

Oferta de forraje	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Baja	Bajo	61 a
Alta	Medio	41,1 ab
Baja	Litosol	39,2 b
Alta	Bajo	37,9 b
Baja	Medio	35,3 b
Alta	Litosol	30,8 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

5.7.2. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 2

Durante este período, la tasa de acumulación de materia seca se vio afectada por todas las interacción de las variables.

Tabla 25

Medias de tasas de crecimiento según interacción método x oferta de forraje, en subperíodo 2

Método	Oferta de forraje	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Continuo	Baja	43,7 a
Rotativo	Alta	34,9 ab
Continuo	Alta	29,6 b
Rotativo	Baja	28,7 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Como se observa en el Tabla 25, el tratamiento continuo de baja oferta fue el que expresó mayor tasa de crecimiento, no diferenciándose del rotativo de oferta alta. Sin embargo, durante este período, la oferta real de los tratamientos de alta fue inferior a la oferta objetivo (ver Tabla 32), lo cual podría ser una de las causantes de la ausencia de diferencias entre tratamientos.

Durante este período, la altura de la pastura era de 10 cm en el continuo de baja y de 16 cm en el rotativo de alta, siendo estas estadísticamente diferentes. Esto podría indicar que las especies que componen el tratamiento continuo de baja, durante este periodo se estaban aproximando a su IAF óptimo, lo que le permite maximizar su capacidad de capturar radiación y por su parte la proporción de tejido joven puede haber sido mayor que en el resto de tratamientos, mientras que el sistema rotativo posiblemente ya había alcanzado su IAF óptimo, y se posiciona en la sección decreciente de la relación entre el IAF y la capacidad de captura de radiación (Carambula, 2004).

Por su parte, la zona de bajos sometidas a pastoreo continuo presentó una tasa de crecimiento significativamente superior al resto de interacciones de zonas y método de pastoreo (Tabla 26). La zona de bajos dentro de los sistemas continuos presentaba al inicio del periodo una altura de 10 cm, siendo 4 cm superior al inicio del período anterior. Este material acumulado es probable que haya presentado una alta eficiencia fotosintética, dado que gran parte de este se acumuló en un lapso de 30 días por lo que se trata de estructuras nuevas del tapiz.

El método continuo pudo haber aportado a mantener una estructura del tapiz joven, dado la posibilidad de defoliaciones más frecuentes que remueven las hojas más viejas y de menor eficiencia fotosintética, dejando más recursos disponibles para las hojas más nuevas. Como se mencionó en secciones anteriores, las zonas de bajos se caracterizaron por presentar mayores proporciones de *Paspalum dilatatum* respecto al resto de zonas, en este sentido, Carámbula (2004) sugiere que estas especies, en condiciones de buena fertilidad requiere de pastoreos frecuentes e intensos para presentar mayores niveles de producción. Por su parte, dentro de esta misma zona, el rotativo presentó una tasa de crecimiento estadísticamente menor respecto al sistema continuo. En los sistemas diferidos, los días descanso permiten un mayor grado de desarrollo de las estructuras y una mayor acumulación de forraje, promoviendo la acumulación de forraje senescente el cual disminuye la eficiencia fotosintética.

Tabla 26

Medias de tasas de crecimiento según interacción método x zona, en subperiodo 2

Método	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Continuo	Bajo	57,7 a
Rotativo	Bajo	36,6 b
Rotativo	Litosol	29,5 b
Rotativo	Medio	29,3 b
Continuo	Litosol	26,5 b
Continuo	Medio	25,8 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

La última variable que presentó un efecto significativo fue la interacción entre la oferta de forraje y la zona (Tabla 27).

La zona de bajos sometidas a altas ofertas de forraje presentó una acumulación de materia seca estadísticamente superior a la de las zonas medias, bajo los dos niveles de oferta, y de la zona de litosol a altas ofertas, sin presentar diferencia significativa con la zona litosol sometida a bajas ofertas. Esta última interacción, solo logra diferenciarse de su homólogo respecto a la zona, pero sometido a altas ofertas de forraje.

En este sentido, se puede observar que, durante este periodo, en las zonas de bajos y de litosol, la oferta de forraje determina distintos niveles de producción primaria. Los bajos se vieron estimulados por el uso de ofertas altas, permitiendo producir 19 kg MS/ha/d más respecto a las bajas ofertas. El uso de ofertas altas permitió a esta zona presentar una altura mayor respecto al uso de ofertas bajas, lo cual favoreció la captura de radiación. Esto se debe a que al ofrecer más forraje por animal se lleva a que las alturas de los remanentes sean mayores lo cual permite una mayor fijación de carbono atmosférico y por lo tanto se da un aumento de la velocidad de crecimiento de la pastura (Nabinger & Carvalho, 2009).

Por su parte, dentro de la zona de Litosol, la tasa de producción de materia seca se vio estimulada por el uso de ofertas bajas, produciendo 22 kg MS/ha/d más respecto a las altas ofertas. Esto pudo deberse a la composición botánica de este tipo de zonas, la cual se caracterizó por presentar altas proporciones de especies estoloníferas-rizomatosas. Gomes (1996) y Nabinger et al. (2006) sugieren que los incrementos de la oferta de forraje tienden a perjudicar a las especies de dicho hábito de crecimiento, las cuales tienden a reducir su participación en la producción de materia seca total. Estas especies, al desarrollarse en los estratos bajos de la pastura, son sensibles al sombreado que realizan los doseles superiores respecto a los doseles inferiores del tapiz.

Tabla 27

Medias de tasas de crecimiento según interacción oferta de forraje x zona, en subperiodo 2

Oferta de forraje	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Alta	Bajo	56,7 a
Baja	Litosol	38,8 ab
Baja	Bajo	37,6 b
Baja	Medio	32,1 bc
Alta	Medio	23 bc
Alta	Litosol	17,2 c

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

5.7.3. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 3

Durante este período, si bien las distintas zonas y tratamientos presentaban diferentes características de sus pasturas, el análisis estadístico no presentó diferencias en la TC al ser sometidas a los distintos factores de evaluación, presentando un valor medio de 26,4 kg MS/ha/d. Durante el transcurso de este período, se presentó un leve déficit hídrico, el cual puede haber atenuado el efecto de los distintos factores analizados.

5.7.4. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 4

En este periodo únicamente se encontró significancia al 1% para zona y se halló interacción Oferta x Zona (Tabla 28), siendo la media de acumulación de materia seca 36,2 kg MS/ha/día para el resto de los factores.

Tabla 28

Medias de tasas de crecimiento según interacción oferta de forraje x zona, en subperiodo 4

Oferta de forraje	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Baja	Bajo	51,5 a
Baja	Litosol	49,1 a
Alta	Bajo	44,8 a
Alta	Medio	33,5 ab
Alta	Litosol	20,7 b
Baja	Medio	17,6 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

La zona de bajos para ambas ofertas y el litosol a baja oferta son los que presentan mayores tasas de crecimiento. Por su parte la zona media a altas ofertas no se diferencia de ninguna de las interacciones.

En estos resultados puede verse que no hay influencia de la oferta en los bajos, pudiéndose apreciar el potencial de estas zonas y de las especies que allí se desarrollan por sobre el resto de las zonas.

En secciones anteriores se ha mencionado los beneficios que se presentan al manejar las comunidades de las zonas de litosol a ofertas bajas.

5.7.5. Comportamiento de la Tasa de crecimiento en el Período 5

La TC durante este periodo se vio influenciada por la interacción de múltiples factores.

Al comparar los sistemas de pastoreo y la oferta de forraje, se puede observar en la Tabla 29, que el sistema continuo, presentó una tasa de crecimiento superior cuando se somete a ofertas altas en comparación a ofertas bajas, mientras que el resto de las interacciones no presentaron diferencias estadísticas entre sí.

Tabla 29

Medias de tasas de crecimiento según interacción método x oferta de forraje, en subperiodo 5

Método	Oferta de forraje	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Continuo	Alta	40 a
Rotativo	Baja	32,2 ab
Rotativo	Alta	31,3 ab
Continuo	Baja	23,3 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Por su parte, el método de pastoreo rotativo presentó diferentes tasas de acumulación de materia seca entre la zona de bajos y de litosol, mientras que el resto de las interacciones no lograron diferenciarse estadísticamente (Tabla 30). Durante este periodo, cada una de estas interacciones, presentaron iguales características respecto a la altura de la pastura, por lo que las diferencias observadas pueden estar dadas por la composición botánica de cada una de las zonas.

Tabla 30

Medias de tasas de crecimiento según interacción método x zona, en subperiodo 5

Método	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/d)
Rotativo	Bajo	45,3 a
Continuo	Litosol	37,9 ab
Rotativo	Medio	31,3 ab
Continuo	Bajo	29,9 ab
Continuo	Medio	27 ab
Rotativo	Litosol	18,5 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

En la Tabla 31, se presenta el efecto de la interacción entre la oferta de forraje y la zona. La tasa de crecimiento de las zonas de bajos sometidas a bajas ofertas de forraje y las zonas de litosol sometidas a altas ofertas, se diferenciaron estadísticamente de la zona de litosol sometida a bajas ofertas de forraje, pero son estadísticamente igual al comprarlas con el resto de las interacciones.

La tendencia de que las zonas bajas sometidas a bajas ofertas se mantienen igual que en otros periodos, demostrando una ventaja de realizar defoliaciones más intensas en este tipo de zonas en esos momentos del año. Sin embargo, en este periodo, el litosol sometido a altas ofertas se iguala a la interacción anterior, siendo este un comportamiento discrepante respecto al resto de periodos evaluados.

Durante el transcurso de este momento de la evaluación, la temperatura diaria comenzó a disminuir. Esto puede haber afectado el crecimiento de las comunidades de los litosoles, las cuales tienden a tener un fuerte crecimiento estival dada su composición botánica. Rosengurtt (1946), hace referencia a que las especies estivales reducen o incluso suprimen su intensidad de crecimiento y lozanía con la disminución de las temperaturas que se dan a mediados y fines del otoño. Por ende, dada esta disminución de la temperatura, la comunidad ya no se vio favorecida por defoliaciones intensas como en el resto de los periodos, sino que los mayores remanentes de hoja, favorecieron la acumulación de materia seca en esta zona al ser sometida a pastoreos menos intensos.

Tabla 31

Medias de tasas de crecimiento según interacción oferta de forraje x zona, en subperiodo 5

Oferta	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/d)
Baja	Bajo	45,1 a
Alta	Litosol	43,7 a
Alta	Medio	33 ab
Alta	Bajo	30,1 ab
Baja	Medio	25,3 ab
Baja	Litosol	12,7 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

5.8. PRODUCCIÓN SECUNDARIA

5.8.1. Carga animal y Oferta de Forraje real

Las ofertas de forraje promedio del periodo de evaluación a la cual fueron realmente sometidos los animales lograron ajustarse adecuadamente en los tratamientos de baja oferta, mientras que los tratamientos de alta experimentaron ofertas inferiores a las deseadas (Tabla 32).

Como consecuencia de los niveles de materia seca presente al inicio de cada periodo y las tasas de crecimiento de la pastura en cada tratamiento, la carga animal varió entre los periodos de evaluación, presentando una tendencia creciente en todos los tratamientos durante la evolución del experimento, dando como resultados las cargas y ofertas de forraje promedios del periodo de evaluación que se encuentran en la Tabla 32. Este cuadro carece de análisis estadístico de la varianza dado la ausencia de repetición que permita llevarlo a cabo, pero se presenta como un insumo importante para la interpretación de los resultados.

Tabla 32*Carga animal y oferta de forraje real, por subperiodo y promedio por tratamiento*

Tratami ento	Periodo	Animal/ d/ha	UG/ha	Animal/ d/ha Promed io	UG/ha Promed io	Oferta	Oferta Promedio
CA	1	1,29	1,25	1,57	1,69	10,2	10,9
CA	2	1,56	1,64			10,3	
CA	3	1,71	1,91			12,9	
CA	4	1,72	1,95			10,1	
CB	1	1,88	1,76	2,04	2,13	8,9	8,5
CB	2	2,17	2,23			8,6	
CB	3	2,12	2,32			9,1	
CB	4	1,98	2,20			7,4	
RA	1	1,94	1,71	2,25	2,19	12,6	10,1
RA	2	2,31	2,20			9,9	
RA	3	2,47	2,50			8,9	
RA	4	2,30	2,36			8,9	
RB	1	2,40	2,29	2,61	2,72	10,3	8
RB	2	2,70	2,81			7,5	
RB	3	2,69	2,90			6,8	
RB	4	2,65	2,87			7,3	

A los efectos del trabajo, la carga se comportó como una variable de respuesta ante la disponibilidad de forraje y la oferta objetivo.

Se puede observar que los tratamientos rotativos tendieron a presentar una mayor carga promedio que los tratamientos continuos. Por su parte, como era de esperar, los tratamientos de alta oferta presentaron una menor carga promedio respecto a los de baja oferta, como consecuencia de la mayor asignación de materia seca por animal.

5.8.2. Ganancia peso vivo por animal y por hectárea

Las ganancias de peso individual por animal de todo el periodo de evaluación de los distintos tratamientos evaluados, expresada en kg totales de peso vivo por animal (Tabla 33), no presentaron diferencias significativas, para oferta ni tampoco para método (ver Anexo J). Tanto para la oferta, como para el método, así como también para su interacción, la media de producción fue de 75,4 kg PV/animal.

Tabla 33

Ganancias de peso vivo por animal (GPV) y por hectárea (GPV/ha) del periodo experimental

Tratamiento	GPV (kg PV/an)	GPV/ha (kg PV/ha)
Continuo de alta	75	118
Continuo de baja	86	175,4
Rotativo de alta	67,4	152
Rotativo de baja	73	191

Nota. ANAVA no presento diferencias estadísticas de la variable GPV (p-valor < 0.1).

Si bien los distintos tratamientos no se diferenciaron estadísticamente respecto a la GPV, como resultado de las distintas cargas animales de cada uno, resultaron en distintas GPV/ha desde un punto de vista biológico. Esta variable, como consecuencia de la ausencia de una repetición del experimento, carece de análisis estadístico; sin embargo, esta información es presentada como complemento de la investigación realizada.

Ayala y Carámbula (1995) determinaron tendencias similares a las del presente trabajo al evaluar el comportamiento animal bajo pastoreo continuo y rotativo, sometidos a distintas cargas, donde el sistema de pastoreo continuo se empleó 0,92 y 1,07 UG/ha de carga animal y de 0,75 y 0,92 UG/ha en el sistema rotativo (en todos los casos se utilizó una relación lanar/vacuno 2:1). Estos autores no consiguieron revelar diferencias

estadísticamente significativas, ni entre métodos de pastoreo ni entre las cargas utilizadas. En dicho trabajo, estos autores relevaron producciones de carne vacuna de 34 kg/ha para el verano.

Contrastando con los resultados anteriores, Soares et al. (2005) encontraron diferencias en cuanto al efecto de la oferta de forraje sobre la producción secundaria durante el verano, presentando mayores producciones las ofertas de 12% todo el año y con la interacción 8% primavera y 12% en el resto del año, siendo la producción de carne promedio de 48 kg/ha.

En comparación a los trabajos anteriores, la mayor ganancia media por hectárea obtenida en el presente trabajo se dio debido a un mayor largo del periodo total de estudio de la producción secundaria, dado que este tuvo una duración de 178 días, comenzando en el último mes de la primavera, estación donde las pasturas presentan un crecimiento más activo, por lo que permiten un buen desempeño animal. Por su parte, las pasturas no se vieron limitadas en gran medida por estrés hídrico, dado que el verano presentó precipitaciones significativas a lo largo del periodo de estudio, por lo que las pasturas presentaron crecimientos activos permitiendo sostener cargas elevadas. Esto sigue la línea planteada por Formoso (2005), quien sugiere que la producción animal se ve influenciada en gran medida por el efecto año y por la carga, mientras que el método de pastoreo no muestra un efecto claro.

5.8.3. Evolución del peso vivo por subperiodos

Con la intención de evaluar el comportamiento animal durante el periodo de estudio que llevó a los resultados anteriormente reportados, se presenta el comportamiento de las ganancias medias diarias dentro de cada período de evaluación.

Jaurena et al. (2018) sugiere que la altura óptima de las pasturas naturales para obtener buenos desempeños animal se encuentra entre 6 y 12 cm de altura, dado que se da la interacción entre una adecuada capacidad de cosecha por parte de los animales y una buena calidad de la pastura ofrecida, mientras que alturas superiores a 12 cm comienzan a relacionarse a disminuciones en la calidad del material ofrecido, dada una disminución de la fracción verde de la pastura. Por su parte, alturas inferiores a 6 cm comienzan a limitar significativamente la capacidad de consumo de los animales. Da Trindade et al. (2016) proponen rangos de altura óptimos para el consumo animal

similares a las del anterior autor, estableciendo que alturas de 11,5 a 13,5 permiten maximizar el consumo animal, donde este se asocia a disponibilidades de materia seca de 1820 a 2280 kg MS/ha. En este sentido, al observar la Figura 15, este factor no se presentó como limitante del consumo en ningún tratamiento ni en ningún subperiodo, sin embargo, la calidad de la pastura presente varía en función de la altura de la pastura en cada período.

Por su parte, el disponible siguió una tendencia similar a la desarrollada por la altura del forraje, presentando una tendencia creciente a lo largo del periodo de estudio en el caso de los tratamientos continuos, mientras que los sistemas rotativos presentaron cierta estabilidad en su nivel de disponible.

Según Moojen y Maraschin (2002), bajo los niveles de disponible que se muestran en la Figura 18, los animales deberían experimentar ganancias de peso del orden de 0,40-0,50kg de PV/animal/día, dado que serían equivalentes a ofertas de forraje de 8% a 14%. Esto coincide con lo encontrado en el presente trabajo, dado que las ganancias medias siguen la misma tendencia que lo propuesto por estos autores.

5.8.3.1. Ganancia media diaria durante el Periodo 1

Al observar los datos del primer subperiodo de evaluación, se hallan diferencias significativas para oferta y método, no así para su interacción.

Tabla 34

Ganancia media diaria (kg PV/an/día) según oferta de forraje, en subperiodo 1

Oferta	GMD (kg PV/an/día)
Baja	0,85 a
Alta	0,59 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Como se observa en la Tabla 34, los animales sometidos a baja oferta obtuvieron una mayor ganancia media diaria, produciendo 0,260 kg PV/animal/día más que bajo a alta oferta.

Estas ganancias diarias superiores de los animales sometidos a bajas ofertas, puede deberse a que, durante el transcurso de este subperiodo, la oferta de forraje de los tratamientos sometidos a menores ofertas fue en promedio de 9,6%, mientras que los

tratamientos de alta oferta, presentaron ofertas de 10.2% y de 12,6%. para el continuo y el rotativo respectivamente. Esto puede haber causado que los tratamientos de baja oferta se comporten como los resultados de los experimentos planteados por Mezzalira (2009) y Soares et al. (2005), quienes encontraron que las ofertas de 8% en primavera y 12% el resto del año tienden a presentar las mayores ganancias de peso vivo. En este sentido, pastoreos más intensos durante la primavera inducen cambios estructurales de la pastura, llevando a que esta mantenga una mayor proporción de macollas en estado vegetativo como consecuencia de la remoción por parte de los animales de los meristemas reproductivos (Nabinger & Carvalho, 2009). Por lo tanto, la pastura de estos sistemas pudo haber tendido a presentar una mayor calidad, traduciéndose en una mayor ganancia individual

Tabla 35

Ganancia media diaria (kg PV/an/día) según método de pastoreo, en subperiodo 1

Método	GMD (kg PV/an/día)
Continuo	0,8 a
Rotativo	0,64 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Como se expone en la Tabla 35, bajo método continuo se produce 0,160 kg PV/animal/día más que bajo método rotativo, siendo esto una diferencia significativa.

Estos datos se acompañan con lo expuesto por Ayala y Carámbula (1995), quienes plantean que en verano las ganancias medias diarias son levemente superiores bajo método continuo. Montossi et al. (1996) plantean que, dada la heterogeneidad espacial de las comunidades vegetales del campo natural, los procesos de selección se vuelven de vital importancia presentando fuerte incidencia sobre la productividad animal. En este sentido, la posibilidad que brinda el sistema continuo de expresar la preferencia y selectividad de ciertas plantas por parte de los animales permite que las ganancias de peso vivo superen a las que se dan en los sistemas diferidos (Formoso, 2005). En este último, la posibilidad de selección está fuertemente deprimida dada las altas dotaciones animales y la limitante espacial (Langer, 1981).

Por su parte, el tratamiento rotativo sometido a oferta alta puede estar apalancando negativamente las ganancias de peso de los animales de todo el rotativo, dado que este tratamiento experimentó niveles de disponibilidad superior a los 3300 kg MS/ha, a partir de la cual, según Moojen y Maraschin (2002), tiende a darse una disminución en las ganancias diarias, dado a que se tiende a una potencial pérdida de calidad de la pastura. Sin embargo, Nabinger y Carvalho (2009) sugieren que las mayores ganancias de peso por animales se dan cuando estos se someten a ofertas entre 12 y 13%, rango dentro del cual se encontró la oferta de forraje de este tratamiento.

A su vez, los tratamientos continuos presentaron menores niveles de disponible respecto a los sistemas diferidos (ver Figura 18). Esto pudo permitir que el forraje ofrecido fuera de mayor calidad que el resto de los tratamientos, manteniendo altos niveles de digestibilidad de la materia orgánica y altos contenidos de proteína bruta dada una mayor proporción de fracción verde en comparación a otros tratamientos que presentaban una mayor disponibilidad de forraje (Berretta, 2005; Moojen & Maraschin, 2002). Esta misma línea fue propuesta por Formoso (2005), quien determinó que en primavera, el rebrote que se daba en los sistemas continuos presentan una calidad superior al de los sistemas diferidos.

Berretta et al. (1999) sugieren que los días de descanso que se dan en los tratamientos rotativos generan situaciones que promueven la floración de múltiples especies. Por lo que, en este periodo, donde la mayoría de las especies invernales se encuentran en estado reproductivo (Rosengurt, 1946), podría estar influyendo en una pérdida de calidad de la pastura, causando que el material cosechado en estos tratamientos no permita obtener los mismos niveles de ganancias diarias que en los métodos continuos. Berretta (2005) sugiere que, en los sistemas rotativos, cuando los periodos de descanso superan los 14 días, el contenido de proteína bruta comienzan a disminuir, dado que periodos de descansos más largos permiten que las hojas se desarrollen en mayor medida llevándolas a una pérdida de calidad por cambios en los tejidos de las mismas (Saldanha, 2005).

Ahora bien, la altura del forraje durante este periodo fue significativamente menor en los tratamientos continuos respecto a los tratamientos rotativos. Este factor también puede asociarse a una mayor calidad del forraje de la pastura de los sistemas continuos. Ayala y Bermúdez (2005), determinaron que defoliaciones más intensas permiten que el

forraje que se acumula tiende a presentar una mayor calidad, dado un mayor contenido total de materia orgánica digerible y de proteína cruda.

No obstante, la tasa de crecimiento de los tratamientos de baja oferta fue superior a los de alta oferta, por lo que, sumado a la alta calidad de la pastura, permitió que estos tratamientos expresaran mayores ganancias diarias que el resto.

5.8.3.2. Ganancia media diaria durante el Periodo 2 y 3

Para el periodo 2 y 3 no se hallaron diferencias significativas para el efecto de la oferta, método de pastoreo o su interacción. En este sentido, la ganancia media diaria promedio de los tratamientos fue de 0.735 kg/an/día durante el período 2 y de 0.378 kg/an/día durante el período 3.

Estos datos, tanto del periodo 2 como los del periodo 3, son coincidentes con los desarrollados por Mezzalana (2009), quien no encontró diferencias significativas en la ganancia media diaria comparando ofertas de 8, 12 y 16%.

Los niveles de oferta que experimentaron los animales durante estos periodos se adecuaron parcialmente a las ofertas objetivo en el caso de los tratamientos de baja oferta, mientras que los tratamientos de alta oferta se encontraron por debajo de los niveles deseados, principalmente en el caso del rotativo de alta. En el caso de este último tratamiento, a inicios del periodo dos, con el objetivo de que la oferta no superara en gran medida los niveles deseados, se ingresaron más 1700 kg de PV al tratamiento, lo cual provocó una fuerte disminución de la oferta. Este bajo ajuste de las ofertas reales respecto a las ofertas objetivo pudo haber sido uno de los factores que causan la ausencia de diferencias de GMD entre los tratamientos.

Durante el periodo 2, se dio cierta heterogeneidad respecto a los niveles de disponibilidad de los distintos tratamientos, dándose los menores niveles en el rotativo de baja (2754 kg/ha) y las mayores disponibilidades de forraje en el continuo de baja (3575 kg/ha), mientras que los restantes tratamientos presentaban niveles de disponibilidad intermedio respecto a los tratamientos anteriormente mencionados. En este sentido, todos los tratamientos presentan niveles de disponibilidad que se encuentran por encima de lo propuesto por Da Trindade et al. (2016) para poder optimizar el consumo animal. Por su parte Moojen y Maraschin (2002) determinan que esos altos niveles de disponibilidad probablemente estuvieron asociados a una baja calidad de la pastura dada por

acumulación de restos secos, reducciones de la digestibilidad de la materia orgánica y en la concentración de proteína bruta.

En este tipo de escenario, la posibilidad de realizar procesos de selección por parte de los animales es fundamental para que estos puedan compensar la pérdida de calidad de la dieta ofrecida. A medida que los niveles de disponibilidad aumentan, el gasto energético de los animales relacionado al proceso de búsqueda y selección de la dieta se verán incrementados (Boggiano & Zanoniani, 2014). Sin embargo, en los sistemas diferidos, la posibilidad de realizar procesos selectivos por parte de los animales es muy escasa (Langer, 1981), por lo que estos se verán obligados a consumir las estructuras de mala calidad presente.

Como fue mencionado anteriormente, durante el periodo 3 las ganancias medias diarias de los animales no se vieron afectados por ninguno de los factores analizados, sin embargo, la magnitud de las ganancia media diaria disminuyó respecto a los períodos anteriores.

En este período, los niveles de disponibilidad de los distintos tratamientos fueron más homogéneos respecto a períodos anteriores, donde solo se destacó por encima del resto el rotativo de alta oferta, presentando 3500 kg MS/ha de disponibilidad, mientras que la media de forraje disponible de los tratamientos restantes fue de 2500 kg MS/ha, siendo esta disponibilidad menor a la experimentada en el período 2 por parte de estos últimos tratamientos. Por su parte, mediante el botanal realizado durante este período de evaluación, se determinó que el rotativo de alta presentaba 40% de restos secos, mientras que los restante tratamientos presentaron 31% de restos secos en promedio. Esto indicaría una baja calidad de la pastura, principalmente por parte del rotativo de alta, dado que, según Montossi et al. (1996), cuando la proporción de restos secos comienza a superar el 15-20% del material disponible, la calidad de la pastura comienza a disminuir de forma significativa.

No obstante, si bien la disponibilidad de forraje es uno de los principales factores que condicionan el consumo, las características de la estructura vertical de la pastura también afectan significativamente la capacidad de los animales para cubrir sus requerimientos (Poppi et al., 1987 como se cita en Montossi et al., 1996), siendo la altura de esta uno de los principales determinantes del comportamiento ingestivo animal

(Montossi et al., 1996). Durante este periodo, la pastura puede haber adquirido una estructura que dificulte el consumo animal y su capacidad de selección. Gonçalves et al. (2009) determinaron que la altura de la pastura y la densidad de forraje de la misma presentan una relación inversa, es decir, a medida que aumenta la altura de la pastura, su densidad disminuye, siendo mayor la disminución de densidad de láminas foliares en los últimos 4 cm del estrato superior de la pastura. Este estrato superior de la pastura presenta un significativo valor para el animal dado que concentra gran proporción de la fracción verde de la biomasa de forraje, resultando en el estrato de mayor consumo voluntario por parte de los animales (Montossi et al., 1996).

En este sentido, el rotativo de alta presentó una altura de 15 cm, altura en la cual, según Gonçalves et al. (2009), la densidad de láminas probablemente se haya visto disminuida en comparaciones a menores alturas de la pastura, disminuyendo la capacidad de compensación del animal mediante aumentos de la tasa de bocado, dado una significativa disminución del peso de bocado, complejizando de este modo el consumo del animal. Por su parte los restantes tratamientos presentaban una altura media de 11 cm, ubicándose dentro de un rango de altura que según Gonçalves et al. (2009) la densidad del forraje de la pastura es apropiada para expresar adecuados niveles de consumo.

Es destacable, que las magnitudes de las ganancias medias diarias relevadas siguieron la misma tendencia que la propuesta por otros autores. Pigurina et al. (1998) determinan que las GMD promedio de 8 años de evaluación del engorde de novillos es de 0,6 a 1 kg PV/an/d y de 0,122 a 0,643 kg PV/an/d, para primavera y verano respectivamente. Estos autores adjudican las altas ganancias de peso durante la primavera a las altas tasas de crecimiento de la pastura y la alta calidad de la misma, y a las condiciones de temperatura que reducen los requerimientos del animal. Por su parte, las ganancias estivales se fundamentan en que si bien se suelen dar altas tasas de crecimiento de la pastura (dependiente de las precipitaciones), las concentraciones de proteína cruda y energía de la pastura suelen ser las más bajas del año, sumado el efecto de las altas temperaturas.

5.8.3.3. Ganancia media diaria durante el Periodo 4

Para este periodo, las ganancias medias diarias presentaron diferencias significativas únicamente bajo distintas ofertas.

Tabla 36

Ganancia media diaria (kg PV/an/día) según oferta de forraje, en subperiodo 4

Oferta	GMD (kg PV/an/día)
Alta	0,04 a
Baja	- 0,06 b

Nota. Letras distintas en la columna indican diferencias (p-valor < 0.1).

Bajo oferta alta los animales no presentaron pérdidas de peso, mientras que a oferta baja si lo hicieron. No obstante, en ambas ofertas, las magnitudes de las variaciones en el peso fueron muy bajas, resultando en una leve pérdida o ganancia de peso al final del período dependiendo de la oferta. Respecto a los métodos de pastoreo, y la interacción oferta x método, no presentaron diferencias estadísticamente significativas, tendiendo a presentar una pérdida de peso promedio de 0.01 kg PV/an/d.

Las altas cargas animales de todos los tratamientos llevaron a que las ofertas se encontraran por debajo de las deseadas en todos los casos, siendo de mayor relevancia en los tratamientos de alta oferta, quienes se encontraron muy por debajo de su oferta objetivo. De igual manera, las ofertas experimentadas por los animales no justifican las variaciones del peso vivo relevadas.

Durante el transcurso de este período, los niveles de disponible superaron los 3000 kg MS/ha, presentando gran homogeneidad entre tratamientos, a excepción del rotativo de baja, el cual tendía a presentar niveles levemente inferior, pero que aún así no lograba diferenciarse en su totalidad del resto (ver Figura 18). Por su parte, el continuo de alta presentó niveles de disponibilidad significativamente elevados durante el transcurso de la segunda mitad del período.

Por otro lado, la altura del forraje presentó un comportamiento similar al del disponible, donde en febrero-marzo únicamente se presentaba superior el tratamiento rotativo de alta con 15 cm de altura, mientras que el resto de los tratamientos eran iguales estadísticamente y presentaban una media de 12 cm. En cambio, durante marzo-abril, no se daba un efecto de la interacción entre el método de pastoreo y la oferta de forraje. No obstante, los tratamientos sometidos a altas ofertas de forraje presentaban una altura

estadísticamente superior a los tratamientos de baja oferta, siendo esta de 15 cm y 11.6 cm respectivamente.

Por lo tanto, es esperable que las condiciones de estructura y calidad de la pastura descritas en el periodo 3 se mantengan en este periodo, o incluso, que hayan empeorado, dado que sería esperable que la acumulación de restos secos haya incrementado, agravando el problema de calidad.

Durante febrero-marzo la TC de la pastura no presentó diferencias entre las distintas ofertas de forraje, sin embargo, durante marzo-abril la tasa de crecimiento fue superior en los tratamientos sometidos a altas ofertas respecto a aquellos sometidos a bajas ofertas de forraje. Esto podría haber aumentado la probabilidad de que los animales consumieran estructuras que presentaban una calidad superior al resto de la pastura ofrecida. En este sentido, Formoso y Gaggero (1990), en un experimento basado en el engorde de novillos, consideraron que la tasa de crecimiento de la pastura explicó del 32 al 58% de las variaciones de las ganancias medias diarias.

No obstante, los disponibles promedios presentes en los distintos tratamientos no justifican la pérdida de peso o la leve ganancia peso por parte de los animales, dado que, según Moojen y Maraschin (2002), los niveles de disponible que experimentaron estos animales ameritarían ganancias de peso del orden de 0.40-0.55 kg/a/d, donde según estos autores, sería equivalente a encontrarse bajo ofertas de 12-16%.

Soares et al. (2005) presentaron resultados similares a los del presente trabajo. Al evaluar la GMD de los animales durante el otoño encontraron que los animales presentaban leves incrementos de peso de 0,086 kg PV/an/d. Sin embargo, no observaron diferencias entre el uso de distintas ofertas de forraje.

Figurina et al. (1998) establece que la ganancia media diaria de 8 años de evaluación de novillos pastoreando campo natural durante el otoño es de 0.177 kg/an/d, acompañado de una alta variación (CV de 125%), siendo esto realmente llamativo para los autores, dado que las pasturas tienden a presentar crecimientos activos y un calidad intermedia (no inferior a la del verano). Estos autores sugieren que en diversas investigaciones se ha adjudicado estos bajos niveles de producción animal a disminuciones en el contenido de MS y fibra de la pastura, aumentos en contenidos de proteína dado el rebrote de especies invernales y a un bajo contenido de carbohidratos

solubles. Di Marco (1994, como se cita en Figurina et al., 1998) también sugiere que las bajas ganancias de peso otoñales también podrían estar dadas por procesos de transición entre las condiciones estivales y otoñales, que genera ajustes metabólicos del animal con el objetivo de adaptarse a las nuevas condiciones ambientales, lo cual induce cambios hormonales que determinan menores ganancias de peso, mayores requerimientos para mantenimiento y una mayor demanda de proteína y carbohidratos solubles.

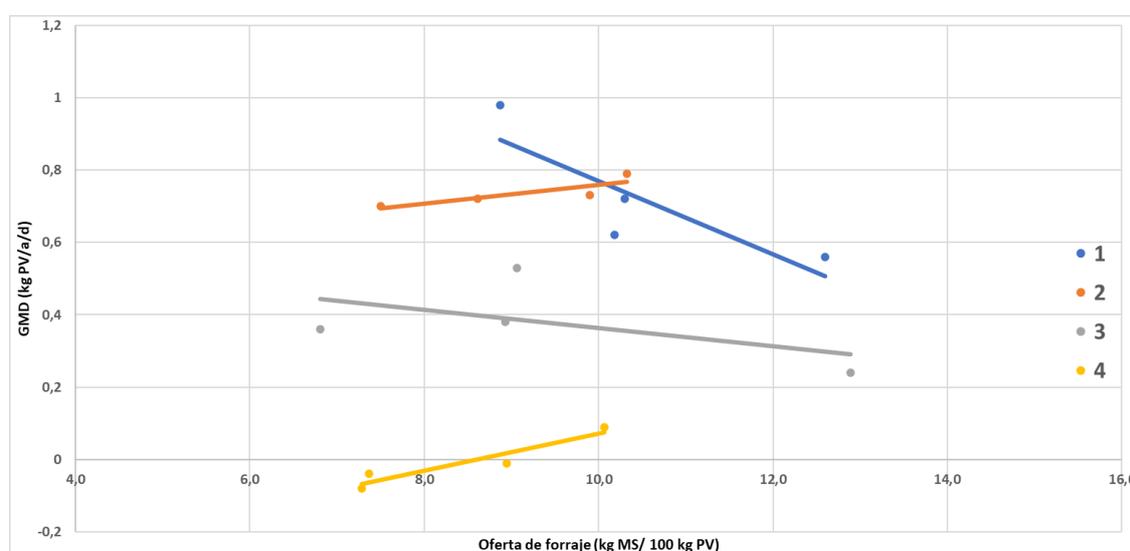
Ahora bien, estos resultados reafirman lo planteado por múltiples autores, quienes establecen que ofertas de forraje más altas, permiten mayores ganancias medias diarias (Boggiano & Zanoniani, 2014; Carvalho et al., 2009; Moojen & Maraschin, 2002; Nabinger, 2006b; Soares et al., 2005), o en el caso del presente trabajo, impidieron presentar pérdida de peso de los animales.

5.8.4. Variación del Peso Vivo en función de la Oferta de forraje

Dado que la oferta de forraje presentó efecto sobre las ganancias individuales experimentadas en dos de los cuatro períodos evaluados, resulta interesante, observar la relación que se dio entre esta variable y la ganancia individual en cada periodo.

Figura 21

Variación de la GMD (kg PV/an/d) según oferta de forraje por subperíodo



Durante el primer periodo, se puede observar que existe una tendencia a disminuir la magnitud de las ganancias diarias a medida que se aumenta la oferta de forraje. Por su parte, puede observarse que, a bajas ofertas, existen otros factores que están influyendo

en sobre esta variable, siendo en este caso el método de pastoreo que está influenciando este resultado.

En el período cuatro, la tendencia es opuesta a la del periodo anterior, donde a medida que se aumenta la oferta de forraje las pérdidas de peso son cada vez menores hasta llegar al punto donde los animales ganan peso.

El periodo dos se caracterizó por presentar ganancias diarias muy similares entre las distintas ofertas de forraje. Por su parte, el período tres, si bien no presentó diferencia estadística entre las distintas ofertas de forraje, a través de la Figura 21 puede observarse cierta tendencia a darse mayores ganancias de peso vivo a ofertas bajas de forraje.

6. CONCLUSIONES

La composición botánica del tapiz natural está fuertemente determinada por las condiciones edáficas, dándose dentro de estas diferentes respuestas a los niveles de oferta de forraje y métodos de pastoreo implementados.

La altura de la pastura y la disponibilidad de materia seca presentaron variabilidad de resultados al ser sometida a distintas ofertas y métodos de pastoreo. Esta también se vio condicionada por las características de las comunidades que se desarrollan dentro de cada zona.

La utilización de la pastura se vio influenciada únicamente por la oferta de forraje; sin embargo, al realizar el análisis individual de cada subperíodo de estudio, se pueden observar efectos del método de pastoreo.

La Producción de materia seca y la tasas de crecimiento se encuentran condicionadas por el nivel de oferta y las condiciones edáficas, encontrándose diferentes respuestas a los distintos métodos dentro de los subperíodos.

La respuesta animal no presentó diferencias entre las distintas medidas de manejo; sin embargo, durante de algunos subperíodos de evaluación se observó efecto de la oferta de forraje sobre la productividad animal, y en menor grado del método de pastoreo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguinaga, A. (2004). *Manejo da oferta de forragem e seus efeitos na produção animal e na produtividade primária de uma pastagem natural na Depressão Central do Rio Grande do Sul* [Tesis de maestría]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Aguirre, E. (2018). Evolución reciente de la actividad ganadera en Uruguay (2010-2017): Metodología y primeros resultados. En *Anuario OPYPA 2018* (pp. 457-470). MGAP.
<https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuario%202018/ANUARIO%20OPYPA%202018%20WEB%20con%20v%C3%ADnculo.pdf>
- Altesor, A., Ayala, W., & Paruelo, J. M. (Eds.) (2010). *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. INIA.
https://www.agro.uba.ar/users/paruelo/libros/FPTA_175.pdf
- Altesor, A., Piñeiro, G. F., Lezama, F., Jackson, R. B., Sarasola, M., & Paruelo, J. M. (2006). Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grassland. *Journal of Vegetation Science*, 17(3), 323-332.
- Armúa, A. (2013). *Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la productividad de un campo natural* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Ayala, W., & Bermúdez, R. (2005). Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de lomadas en la región este. En R. Gómez Miller & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en mejoramiento de campo natural* (pp. 41- 50). INIA.
- Ayala, W., & Carámbula, M. (1995). Efectos del sistema de pastoreo y la carga animal sobre la productividad de los campos de lomadas de la región este. En M. Carámbula, W. Ayala, & G. Scaglia (Eds.), *Mejoramientos extensivos: Manejo y utilización* (pp. 1-11). INIA.

- Barthram, G. T. (1986). Experimental techniques: The HFRO sward stick. En M. M. Alcock (Ed.), *Hill Farming Research Organization: Biennial Report 1984-85* (pp. 29-30). Hill Farming Research Organisation.
https://www.hutton.ac.uk/sites/default/files/files/publications/legacy/annualreports/HFRO/HFRO_biennial_report_1984-1985_web.pdf
- Bemhaja, M., & Berretta, E. J. (2006). Comunidades herbáceas del campo natural. En M. Bemhaja & O. Pittaluga (Eds.), *30 años de investigación agropecuaria en suelos de areniscas* (pp. 25-32). INIA.
- Berretta, E. J. (2000). Manejo del campo natural. *El País Agropecuario*, 5(60), 25-28.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10414/1/60.pdf>
- Berretta, E. J. (2005). Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de basalto. En R. Gómez Miller & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en mejoramiento de campo natural* (pp. 61-73). INIA.
- Berretta, E. J. (2009). Algunos aspectos sobre la biodiversidad de los campos naturales. *Revista INIA*, (20), 21-25.
- Berretta, E. J., Levratto, J., Zamit, W., Bemhaja, M., Pittaluga, O., Silva, J., Clariget, J., & Guerra, J. (1990). Efecto del sistema de pastoreo, relación lanar/vacuno y carga animal sobre la producción y utilización de pasturas naturales. En *II Seminario nacional de campo natural* (pp. 326-334). Hemisferio Sur.
- Berretta, E. J., Risso, D. F., Montossi, F., & Pigurina, G. (1999). Campos in Uruguay. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, & P. C de F. Carvalho (Eds.), *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 377-394). CABI.
- Boggiano, P., & Zanoniani, R. (2014). Producción de pasturas. En *Curso: Producción animal sostenible en pastoreo sobre campo natural* (pp. 52-67). MGAP.
https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/libro_campo_natural_final_en_baja.pdf

- Boggiano, P., Zanionani, R., & Millot, J. C. (2005). Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. En R. Gómez Miller & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en mejoramiento de campo natural* (pp. 105-113). INIA.
- Bossi, J., Ferrando, L. A., Fernández, A., Elizalde, G., Morales, H., Ledesma, J., & Montaña, J. (1975). *Carta geológica del Uruguay*. MAP.
- Briske, D. D., Derner, J. D., Brown, J. R., Fuhlendorf, S. D., Teague, W. R., Havstad, K. M., Gillen, R. L., Ash, A. J., & Willms W. D. (2008). Rotational grazing on rangelands: Reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology & Management*, *61*(1), 3-17.
- Brugnara, A., Carvalho, P. C. F., Nabinger, C., Pereira, J. P., Kuhn, J., & Mezzalira, J. C. (2011). Dinâmica da composição botânica numa pastagem natural sob efeito de diferentes ofertas de forragem. *Ciência Rural*, *41*(8), 1459-1465.
- Carámbula, M. (1991). *Aspectos relevantes para la producción forrajera*. INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2921/1/111219220807114541.pdf>
- Carámbula, M. (2004). *Pasturas y forrajes: Vol. 3. Manejo, persistencia y renovación de pasturas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M., Ayala, W., Bermúdez, R., & Carriquiry, E. (1995). *Control de la cardilla*. INIA.
- Carvalho, P. C. F., Neves Pereira, F., Dos Santos Texeira, D., Nabinger, C., & Poli Candal, C. H. E. (2009). *Desmistificando o aproveitamento do pasto* [Contribución]. 4ª Jornada Técnica em sistemas de produção de bovinos de corte e cadeia produtiva, Porto Alegre.
<https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/forragens/artigos/DESMISTIFICANDO%20O%20APROVEITAMENTO%20DO%20PASTO.pdf>
- Corrêa, F. L. (1993). *Produção e qualidade de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul sob níveis de oferta de forragem a novilhos* [Contribución]. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Porto Alegre.

- Da Trindade, J. K., Neves, F. P., Pinto, C. E., Bremm, C., Mezzalira, J. C., Nadin, L. B., Genro, T. C. M., Gonda, H. I., & Carvalho, P. C. F. (2016). Daily forage intake by cattle on natural grassland: Response to forage allowance and sward structure. *Rangeland Ecology & Management*, 69(1), 59-67.
- De la Fuente, S. (2011). *Análisis conglomerados*. Universidad Autónoma de Madrid.
<https://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/SEGMENTACION/CONGLOMERADOS/conglomerados.pdf>
- Del Puerto, O. (1969). *Hierbas del Uruguay*. Nuestra tierra.
- De Souza, A. G., Maraschin, G. E., & Boldrini, I. I. (1989). Evolução e produção animal da pastagem nativa sob pastejo contínuo e rotativo. En N. J. Nuernberg (Coord.), *XI Reunión do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização dos Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical* (pp. 315-323). EMPASC.
- De Souza, Z. M., Boldrini, I. I., Fett, M., Días, M., Müller, S. C., & Falcão, M. (2007). Composição florística de campo nativo sob diferentes ofertas de forragem. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(supl. 1), 84-86.
- Dirección General de Recursos Naturales. (s.f.a). *Diez (Di): Litosol éútrico melánico, familia limo arcillosa a arcillosa*. MGAP.
<https://dgrn.mgap.gub.uy/Cartografia/Series/Di.pdf>
- Dirección General de Recursos Naturales. (s.f.b). *Serie San Manuel (SMa): Brunosol éútrico típico, familia francosa*. MGAP.
<https://dgrn.mgap.gub.uy/Cartografia/Series/SMa.pdf>
- Durán, A. (Coord.). (1976). *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay*. MAP.
- Ferrés, P. (1982). Evaluación primaria de gramíneas forrajeras por el método de la transección foliar. *Revista Técnica de la Facultad de Agronomía*, (52), 77-102.

- Formoso, D. (2005). La investigación en utilización de pasturas naturales sobre cristalino desarrollada por el secretariado uruguayo de la lana. En R. Gómez Miller & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en mejoramiento de campo natural* (pp. 51-59). INIA.
- Formoso, D. (2010). *Festuca arundinacea, manejo para producción de forraje y semilla*. INIA.
- Formoso, D., & Colucci, P. (1999). Efecto del sistema de pastoreo en la dieta de primavera de ovinos y bovinos pastoreando campo natural. *Producción Ovina*, 12, 19-26.
- Formoso, D., & Gaggero, C. (1990). Efecto del sistema de pastoreo y la relación ovino/vacuno sobre la producción de forraje y la vegetación del campo nativo. En *II Seminario nacional de campo natural* (pp. 335-347). Hemisferio Sur.
- Formoso, F. A. (1996). Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. En D. F. Risso, E. J. Berretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 1-20). INIA.
- Gallinal, J. M., García, R., & García, F. (2016). *Respuesta a los niveles de intervención de un campo natural sobre la producción primaria y secundaria* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Gomes, E. K. (1996). *Dinâmica e produtividade de uma pastagem natural do rio grande do sul após seis anos da aplicação de adubos, diferimentos e níveis de oferta de forragem* [Disertación doctoral]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Gómez, Z., & Do Carmo, M. (2019). Oferta de forraje: Una herramienta para incrementar la producción del rodeo de cría. *Revista del Plan Agropecuario*, (171), 54-56.
https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/186_2876.pdf

Gonçalves, E. N., Carvalho, P. C. F., Gonçalves da Silva, C. E., Teixeira dos Santos, D., Queirolo Díaz, J. A., Baggio, C., & Nabinger, C. (2009). Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: Padrões de desfolhação e seleção de dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(4), 611-617.

Google. (2024). Google Earth Pro (versión 7.3.6.9796) [Software].

<https://www.google.com/earth/about/versions/#earth-pro>

Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*.

<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>

Jaurena, M., Formoso, D., Gómez Miller, R., & Rebuffo, M. (2013). Campo natural: Patrimonio del país y fundamento de la estabilidad productiva de la ganadería. *Revista INIA*, (32), 31-35.

Jaurena, M., Mayans, M. Punschke, K., Reyno, R., Millot, J. C., & Labandera. C. (2005). Diversidad simbiótica en leguminosas forrajeras nativas: Aportes para el manejo sustentable del campo natural. En R. Gómez Miller & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en mejoramiento de campo natural* (pp. 105-113). INIA.

Jaurena, M., Porcile, V., Baptista, R., Carriquiry, E., & Díaz, S. (2018). La regla verde: Una herramienta para el manejo del campo natural. *Revista INIA*, (54), 24-27.

Jia, X., Dukes, M. D., & Jacobs, J. M. (2009). Bahiagrass crop coefficients from Eddy correlation measurements in central Florida. *Irrigation Science*, 28, 5-15.

Langer. R. H. M. (1981). *Las pasturas y sus plantas*. Hemisferio Sur.

Lezama, F., Altesor, A., León, R. J., & Paruelo, J. M. (2006). Heterogeneidad de la vegetación en pastizales naturales de la región basáltica de Uruguay. *Ecología Austral*, 16(2), 167-182.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2006000200008&lng=es&tlng=es

Lombardo, S. (2012). Asignación de forraje: ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? *Revista del Plan Agropecuario*, (143), 32-35.

- Mazzitelli, F. (1986). Mejoramiento de bajos. *Revista del Plan Agropecuario*, (39), 46-48.
- Mezzalira, J. C. (2009). *O manejo do pastejo em ambientes pastoris heterogêneos: Comportamento ingestivo e produção animal em distintas ofertas de forragem* [Tesis de maestría]. Universidade Federal de Rio Grande do Sul.
- Millot, J. C. (1991). Manejo del pastoreo y su incidencia sobre la composición botánica y productividad del campo natural. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (pp. 68-70). INIA.
- Millot, J. C., Risso, D., & Methol, R. (1987). *Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay*. MGAP.
- Millot, J. C., Zanoniani, R. A., Boggiano, P. R., & Colombino, A. (2003). EEMAC, Pot.13. Manejo y mejoramiento de pasturas naturales. En *Jornadas de campos en pasturas: 30 de octubre de 2003*. EEMAC; Facultad de Agronomía.
- Molfino, J. H., & Califra, A. (2001). *Agua disponible de las tierras del Uruguay: Segunda aproximación (Versión corregida)*. MGAP.
- Montossi, F., Risso, D. F., & Pigurina, G. (1996). Consideraciones sobre utilización de pasturas. En D. F. Risso, E. J. Beretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 93-105). INIA.
- Moojen, E., & Maraschin, G. (2002). Potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande Do Sul submetida a níveis de oferta de forragem. *Ciência Rural*, 32(1), 127-132.
- Nabinger, C. (1998). Princípios de manejo e produtividade de pastagens. En *Ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos de corte* (pp. 54-107). ULBRA.
- Nabinger, C. (2006a). *Manejo de campo nativo na região sul e a viabilidade do uso de modelos* [Contribución]. II Simpósio Internacional em Produção Animal, Santa Maria, RS. <https://www.scribd.com/document/67425588/Apostila-Campos-Nabinger-Pag-12>

- Nabinger, C. (2006b). *Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico Brasileiro* [Contribución]. 1º Simpósio de forrageiras e pastagens, Porto Alegre. https://www.researchgate.net/publication/262876438_Manejo_e_Produtividade_das_Pastagens_Nativas_do_Subtropica_Brasileiro
- Nabinger, C., & Carvalho, P. C. F. (2009). Ecofisiología de sistemas pastoriles: Aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia (Uruguay)*, 13(3), 18-27. <https://doi.org/10.31285/AGRO.13.842>
- Nabinger, C., Dall’Agnol, M., & Carvalho, P. C. (2006). Biodiversidade e produtividade em pastagens. En C. G. Silverira Pedreira, J. C. Pedreira, S. C. da Silva, & V. P. Faria (Eds.), *Anais do 23 Simpósio sobre Manejo da Pastagem: as pastagens e o meio ambiente* (pp. 87-138). <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/forragens/artigos/BIODIVERSIDADE%20E%20PRODUTIVIDADE%20EM%20PASTAGENS.pdf>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2023). *Anuario estadístico agropecuario 2023*. MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2023/ANUARIO2023WEB.pdf>
- Parsons, A. J. (1988). The effects of season and management on the growth of grass swards. En M. B. Jones & A. Lazenby (Eds.), *The grass crop: The physiological basis of production* (p. 129-177). Chapman and Hall.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Peloché, D. (2012). *Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la estructura de un campo natural reestablecido de la unidad San Manuel* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República
- Pereira, M. (2004). “Pasto miel o Pata de gallina”. *Revista del Plan Agropecuario*, (112), 42. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R112/R112_42.pdf

- Pereira, M. (2011). *Manejo y conservación de las pasturas naturales en Basalto*. Instituto Plan Agropecuario.
https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/20_pasturas_de_basalto.pdf
- Pigurina, G., Soares de Lima, J. M., Berretta, E. J., Montossi, F., Pittaluga, O., Ferreira, G., & Silva, J. A. (1998). Características del engorde a campo natural. En E. J. Berretta (Eds.), *Seminario de actualización en tecnologías para basalto* (pp. 137-145). INIA.
- Rebuffo, M., Bemahaja, M., & Risso, D. F. (2006). Uso de leguminosas forrajeras en sistemas pastoriles: Situación actual de Uruguay. *Lotus newsletter*, 36(1), 22-33.
<https://www.inia.org.uy/sitios/lnl/vol36/rebuffo2.pdf>
- Reinoso, V., & Soto, C. (2006). Cálculo y manejo en pastoreos controlado: II) Pastoreo rotativo y en franjas. *Veterinaria (Montevideo)*, 41(161-162), 15-24.
https://www.researchgate.net/publication/343065496_Calculo_y_manejo_en_pastoreo_controlado_II_Pastoreo_rotativo_y_en_franjas
- Riewe, M. B. (1986). Manejo del pastoreo fijo o variable en la evaluación de pasturas. En C. Lascano & E. Pizarro (Eds.), *Evaluación de pasturas con animales: Alternativas metodológicas* (pp. 61-84). CIAT. http://ciat-library.ciar.org/Articulos_ciat/Evaluacion_de_pasturas_con_animales_Alternativas_metodologicas.pdf
- Ríos, A., & Giménez, A. (1990). Algunas consideraciones ecofisiológicas y de manejo para el control integrado de gramilla (*Cynodon dactylon*). En *Jornada de cultivos de verano* (pp. 11-19). INIA.
- Rook, A. J., & Tallwin, J. R. B., (2003). Grazing pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research*, 52(2), 181-189.
- Rosengurtt, B. (1946). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 5^{ta} contribución*. Rosgal.
- Rosengurtt, B. (1949). Praderas naturales: Los problemas de su manejo: 6^{ta} contribución. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos*, 21(86-87), 11-16.

- Rosengurtt, B. (1979). *Tablas de comportamiento de las principales especies de campos naturales en el Uruguay*. Universidad de la República.
- Rosengurtt, B., Arrillaga, B. R., & Sierra de Soriano, B. (1960). Caracteres vegetativos y forrajeros de 175 gramíneas del Uruguay. *Revista de la Facultad de Agronomía*, (47), 3-168.
- Rosengurtt, B., Gallinal, J. P., Bergalli, L., & Campal, E. F. (1939). La variabilidad en la composición de las praderas. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos*, 11(3), 28-33.
- Rosito, J. M., & Maraschin, G. E. (1984). Efeito de sistemas de manejo sobre a flora de uma pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasil*, 19(3), 311-316.
- Saldanha, S. (2005). Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de asalto y suelos arenosos del cretácico. En R. Gómez Miller & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en mejoramiento de campo natural*. (pp. 75-83). INIA.
- Smetham, M. L. (1981). Manejo del pastoreo. En R. H. M. Langer (Ed.), *Las pasturas y sus plantas* (pp. 209-270). Hemisferio Sur.
- Soares, A. B., Carvalho, P. C., Nabinger, C. S., Trindade, J. K., Guerra, E., Freitas, T. S., Pinto, C. E., Fontoura, J. A., & Frizzo, A. (2005). Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciencia Rural*, 35(5), 1148-1154.
- Soca, P., Carriquiry, M., Do Carmo, M., Scarlato, S., Astessiano, A., Genro, C., Claramunt, M., & Espasandin, A. (2013). Oferta de forraje del campo natural y resultados productivos de los sistemas de cría vacuna del Uruguay: I. Producción, uso y conversión del forraje aportado por campo natural. En G. Quintanas & A. Scarsi (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna* (pp. 89-117). INIA

- Soca, P., Do Carmo, M., Urchipia, A., & Claramunt, M. (2011). Variabilidad espacial y temporal de la producción primaria neta aérea como determinante de la producción ganadera: Experiencias locales. En A. Altesor, W. Ayala, & J. M. Paruelo (Eds.), *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales* (pp. 147-161). INIA.
- Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1957). Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Laboratory of Climatology*.
- Tothill, J. C., Hargreaves, J. N. G., Jones, R. M., & McDonald, C. K. (1992). *BOTANAL: A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition: 1. Field sampling*. CSIRO.

8. ANEXOS

Anexo A

Suelos predominantes en transectas de los tratamientos continuos.

Suelos		
Transecta	Continuo de alta oferta	Continuo de baja oferta
1	Planosoles Eutricos	Brunosoles Euricos Hápticos
2	Brunosoles Eutricos Hápticos	Gleysoles
3	Brunosoles Eutricos Hápticos	Litosoles
4	Brunosoles Eutricos Lúvicos con asociaciones de solonetz solodizados Blanqueales	Litosoles
5	Litosoles	Litosoles
6	Planosoles Eutricos correspondiente a altos	Litosoles
7	Brunosoles Eutricos Lúvicos con asociaciones de solonetz solodizados Blanqueales	Litosoles
8	Litosoles	Litosoles
9	Litosoles	Litosoles Éutricos Melánicos
10	Litosoles	Litosoles Éutricos Melánicos
11	Brunosoles Éutricos Típicos	Litosoles Éutricos Melánicos
12	Brunosoles Éutricos Típicos	
13	Litosoles	
14	Gleysoles	

Anexo B

Suelos dominantes en los potreros de rotativo de alta y baja.

Suelos		
Parcela	RA	RB
1	Litoseles con asociaciones de Litoseles Eutricos Melanicos	Brunoseles Eutricos Hápticos con asociación de Litoseles
2	Litoseles	Brunoseles Eutricos Hápticos
3	Litoseles	Brunoseles Eutricos Hápticos con asociación de Planoseles eutricos correspondiente a altos
4	Litoseles	Brunoseles Eutricos Hápticos con asociación de Litoseles y Planoseles Éutricos correspondiente a altos
5	Litoseles	Brunoseles Éutricos Hápticos con asociación de Litoseles y Planoseles Éutricos correspondiente a altos
6	Litoseles Eutricos Melanicos	Brunoseles Éutricos Hápticos con asociación de Planoseles Éutricos correspondiente a altos
7	Litoseles Eutricos Melanicos	Brunoseles Éutricos Hápticos
8	Litoseles	Litoseles
9	Litoseles	Litoseles
10	Litoseles	Brunoseles Éutricos Típicos con asociación de Litoseles
11	Partes iguales de Litoseles y Gleysoles	Brunoseles eutricos típicos
12	Gleysoles	Litoseles
13	Partes iguales de Litoseles y Gleysoles	Partes iguales de Litoseles y Gleysoles, con asociación de Brunoseles Éutricos Típicos
14	Litoseles con asociaciones de Solonetz Solodizados Blanqueales	Gleysoles con asociaciones de Litoseles y Brunoseles Éutricos Típicos

Anexo C

Clasificación de las transectas/parcelas en función de las distintas zonas topográficas-edáficas.

Transecta/Parcela	CB	CA	RB	RA
1	M	B	L	L
2	B	L	L	L
3	M	L	L	L
4	M	M	L	L
5	M	B	M	M
6	B	B	L	L
7	M	M	M	M
8	M	M	M	M
9	L	L	M	M
10	M	M	M	M
11	L	M	M	M
12		M	M	B
13		M	B	B
14		B	B	B

Anexo D*Kg de Grupos Botanales según conglomerados y zonas*

GB	Bajo			Litosol			Medio		
	Conglomerado			Conglomerado			Conglomerado		
	1	2	3	1	2	3	1	3	2
	Kg MS/ha								
1	0	446	526	398	565	365	956	634	694
2	1050	635	530	1076	619	784	101	180	394
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	640	122	104	137	90	0	53	20	164
5	0	0	8	0	0	0	0	0	0
6	0	131	0	41	103	0	0	8	31
7	0	384	54	0	0	0	3	10	216
8	0	0	0	0	0	0	0	13	0
9	792	28	316	0	0	0	49	0	0
10	13	103	108	0	108	72	291	136	281
11	239	0	36	71	0	25	0	108	31
12	0	0	0	36	0	0	0	31	0

Anexo F

Listado de componentes utilizados para la realización del método botanal.

GRUPO BOTANAL	ESPECIES
1	<i>Paspalum notatum</i> + <i>Axonopus affinis</i> .
2	<i>Bouteloua megapotámica</i> + <i>Cynodon dactylon</i> .
3	Perennes Estivales estoloníferas Otras
4	Perennes Estivales Finas
5	Perennes Estivales Tiernas y Tiernas -Ordinarias
6	Perennes Estivales Ordinarias
7	<i>Paspalum quadrifarium</i>
8	Perennes Estivales Duras
9	<i>Festuca arundinaceae</i>
10	<i>Stipa setigera</i>
11	Perennes Invernales Finas – Tiernas
12	Perennes Invernales Ordinarias
13	<i>Stipa charruana</i>
14	Perennes Invernales Duras Otros
15	Anuales Estivales Tiernas - Finas
16	Anuales Invernales Finas
17	Leguminosas nativas (no introducidas)
18	Anuales Invernales Ordinarias
19	Leguminosas naturalizadas (introducidas)
20	Ciperáceas + Juncáceas
21	Hierbas enanas
22	Hierbas menores
23	<i>Eryngium horridum</i> + Cardos
24	Restos secos

Anexo G*Resumen de significancia de la Biomasa presente de cada grupo botanal*

	M	OF	Z	M x OF	M x Z	OF x Z
kg GB 1	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 2	sd	sd	**	sd	sd	sd
kg GB 3	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 4	**	**	**	**	sd	*
kg GB 5	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 6	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 7	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 8	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 9	**	sd	**	sd	**	sd
kg GB 10	sd	sd	**	sd	sd	*
kg GB 11	*	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 12	sd	sd	sd	sd	sd	sd

Nota (sd) sin diferencias. (*) significativo al 10%. (**) significativo al 5%.

Anexo H*Resumen de significancia de la Biomasa presente de cada grupo botanal*

	M	OF	Z	M x OF	M x Z	OF x Z
kg GB 13	sd	**	sd	sd	sd	sd
kg GB 14	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 15	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 16	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 17	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 18	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 19	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 20	sd	sd	**	sd	sd	sd
kg GB 21	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 22	sd	sd	sd	sd	sd	sd
kg GB 23	sd	**	**	sd	sd	**
kg GB 24	sd	sd	sd	sd	sd	sd

Nota (sd) sin diferencias. (*) significativo al 10%. (**) significativo al 5%.

Anexo I

ANAVA de la variable producción de materia seca de la totalidad del período

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PP	43	0,51	0,38	20,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46326174,73	9	5147352,75	3,81	0,0022
Metodo	976238,82	1	976238,82	0,72	0,4017
Oferta	394110,15	1	394110,15	0,29	0,5930
Zona	31842820,60	2	15921410,30	11,77	0,0001
Metodo*Oferta	780844,24	1	780844,24	0,58	0,4528
Metodo*Zona	2425331,17	2	1212665,58	0,90	0,4177
Oferta*Zona	7158099,07	2	3579049,53	2,65	0,0859
Error	44634883,31	33	1352572,22		
Total	90961058,05	42			

Anexo J

ANAVA de la variable Ganancia de Peso Vivo por animal de todo el período

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nov-Abr	51	0,13	0,05	29,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	3266,48	4	816,62	1,67	0,1743	
Oferta	822,95	1	822,95	1,68	0,2016	
Metodo	1252,19	1	1252,19	2,55	0,1169	
Nov	562,54	1	562,54	1,15	0,2897	0,05
Oferta*Metodo	87,21	1	87,21	0,18	0,6752	
Error	22558,03	46	490,39			
Total	25824,51	50				