

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA AL MÉTODO DE PASTOREO Y LA
OFERTA DE FORRAJE EN CAMPO NATURAL EN EL
PERÍODO OTOÑO-INVIERNAL**

por

**Franco ADANO VEROCA Y
Marcos Matías DISSIMOZ VIGANICO**

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

**PAYSANDÚ
URUGUAY
2025**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**”.



PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás

Co-director/a:

Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

Tribunal:

Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

Ing. Agr. (Dr.) Nicolas Caram

Ing. Agr. (Dra.) Stefania Pancini

Fecha:

29 de agosto de 2025

Estudiante:

Franco Adano Verocay

Marcos Matías Dissimoz Viganico

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a la facultad de agronomía y a la estación experimental Mario A. Cassinoni, por brindarnos la oportunidad y el espacio para la realización de la carrera.

A nuestros tutores de trabajo final de grado Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalas Mouríño, e Ing. Agr. (PhD). Pablo Boggiano Otòn, por la dedicación y por la oportunidad de realizar nuestro trabajo final de grado junto a ellos.

A todos los docentes que formaron parte de nuestra formación académica, especialmente a los Ing. Agr. Emiliano Caravia e Ing. Agr. Mercedes Verdaguer, por la ayuda brindada durante el desarrollo de este trabajo.

A nuestras familias por la compañía y por ser pilares fundamentales durante estos años de estudio.

A nuestros amigos y compañeros por el apoyo incondicional y por los inolvidables momentos compartidos.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	11
SUMMARY	13
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. OBJETIVOS	16
1.1.1. GENERAL:	16
1.1.2. ESPECÍFICOS:.....	16
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. CAMPO NATURAL	17
2.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL	17
2.1.2. IMPORTANCIA DEL CAMPO NATURAL	18
2.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE	19
2.2.1. DEFINICIÓN	19
2.2.2. PRODUCCIÓN PRIMARIA	19
2.2.3. ESTRUCTURA DE FORRAJE.....	21
2.2.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	21
2.2.5. PRODUCCIÓN SECUNDARIA.....	22
2.3. EFECTO DEL MÉTODO DE PASTOREO	24
2.3.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	24
2.3.2. ESTRUCTURA DE LA PASTURA	27
2.3.3. COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	27
2.3.4. PRODUCCIÓN SECUNDARIA	29
2.4. INTERACCIÓN ENTRE EL MÉTODO DE PASTOREO Y LA OFERTA DE FORRAJE	30
3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA.....	31
4. MATERIALES Y MÉTODOS	32
4.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES	32
4.1.1. UBICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL EXPERIMENTO	32
4.1.2. SUELOS DEL SITIO EXPERIMENTAL	32
4.1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS TOPOGRÁFICAS-EDÁFICAS.....	33
4.1.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS	34
4.1.5. ANIMALES EXPERIMENTALES	35

4.1.6.	CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL PERIODO DE ESTUDIO	36
4.2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	36
4.2.1.	PERÍODOS DE MUESTREO	36
4.2.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA PASTURA	37
4.2.2.1.	ALTURA DE LA PASTURA	37
4.2.2.2.	MATERIA SECA PRESENTE	38
4.2.2.3.	MATERIA SECA ACUMULADA Y TASA DE CRECIMIENTO	39
4.2.2.4.	DISPONIBLE DE MATERIA SECA	39
4.2.2.5.	UTILIZACIÓN DE LA PASTURA	39
4.2.2.6.	COMPOSICIÓN BOTÁNICA	39
4.2.2.7.	DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DE FORRAJE	40
4.2.3.	CARACTERIZACIÓN LA PRODUCTIVIDAD ANIMAL	40
4.2.3.1.	MANEJO DE ANIMALES	40
4.2.3.2.	CARGA ANIMAL	41
4.2.3.3.	GANANCIA MEDIA DIARIA	41
4.2.3.4.	GANANCIA DE PESO VIVO DEL PERIODO DE EVALUACIÓN	41
4.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
4.3.1.	VARIABLES DE LA PASTURA	41
4.3.2.	VARIABLES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL	42
4.4.	HIPOTESIS ESTADISTICA	43
4.4.1.	MODELO ESTADÍSTICO ASOCIADO A LA PASTURA	43
4.4.2.	MODELO ESTADÍSTICO ASOCIADO A LOS ANIMALES	44
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
5.1.	CONDICIONES CLIMÁTICAS	45
5.1.1.	TEMPERATURA MEDIA DIARIA PARA EL PERIODO DE EVALUACIÓN	45
5.1.2.	OCURRENCIA DE HELADAS PARA EL PERIODO EVALUADO	46
5.1.3.	BALANCE HÍDRICO	49
5.2.	COMPOSICIÓN BOTÁNICA	50
5.2.1.	ANÁLISIS DE LOS DENDOGRAMAS	50
5.2.1.1.	CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE LOS DENDOGRAMAS	53
5.2.2.	ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES VEGETALES MEDIANTE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA	55
5.2.3.	ANÁLISIS DE LOS ANAVA	55
5.2.3.1.	EFFECTO DE LA ZONA TOPOGRÁFICA SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA	55

5.2.3.2.	EFFECTO DEL MÉTODO DE PASTOREO SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	58
5.2.3.3.	EFFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	60
5.2.3.4.	EFFECTO DE LA INTERACCIÓN MÉTODO X ZONA SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	61
5.2.3.5.	EFFECTO DE LA INTERACCIÓN OFERTA DE FORRAJE X ZONA SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	63
5.3.	ALTURA DE LA PASTURA.....	64
5.3.1.	ALTURA DE LA PASTURA EN TODO EL PERIODO EVALUADO.....	64
5.3.1.1.	EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE LA PASTURA PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS, SEGÚN LOS SUBPERIODOS	65
5.3.2.	ALTURAS DE LA PASTURA SEGÚN LOS SUBPERIODOS	66
5.3.2.1.	INTERACCIÓN MÉTODO X OFERTA	66
5.3.2.2.	INTERACCIÓN OFERTA X ZONA	67
5.3.2.3.	INTERACCIÓN MÉTODO X ZONA.....	69
5.4.	MATERIA SECA DISPONIBLE	70
5.4.1.	MATERIA SECA DISPONIBLE EN LA TOTALIDAD DEL PERIODO EVALUADO	70
5.4.2.	MATERIA SECA DISPONIBLE SEGÚN LOS SUBPERIODOS EVALUADOS.....	72
5.4.2.1.	INTERACCIÓN MÉTODO X OFERTA	72
5.4.2.2.	INTERACCIÓN MÉTODO X ZONA	73
5.4.2.3.	INTERACCIÓN OFERTA X ZONA	74
5.5.	TASA DE CRECIMIENTO.....	75
5.5.1.	TASA DE CRECIMIENTO SEGÚN TRATAMIENTO	76
5.5.2.	COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO EN INVIERNO.....	76
5.5.3.	COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO EN OTOÑO ...	78
5.6.	UTILIZACIÓN DE LA PASTURA.....	79
5.6.1.	UTILIZACIÓN DE LA PASTURA EN TODO EL PERÍODO EVALUADO.....	79
5.6.2.	UTILIZACIÓN DE LA PASTURA EN SUBPERIODOS	80
5.7.	PRODUCCIÓN SECUNDARIA	83
5.7.1.	CARGA ANIMAL	83
5.7.2.	GANANCIA MEDIA DIARIA ANIMAL Y EVOLUCIÓN DEL PESO VIVO. ...	84
5.7.3.	EVOLUCIÓN DEL PESO VIVO ANIMAL POR HECTÁREA.....	85
5.7.4.	EVOLUCIÓN DE LA OFERTA DE FORRAJE	86

5.7.5.	RELACIÓN ENTRE GANANCIA MEDIA DIARIA ANIMAL CON LA OFERTA DE FORRAJE	87
6.	CONSIDERACIONES FINALES	89
7.	CONCLUSION.....	93
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	94
9.	ANEXOS.....	100

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.	Página
Tabla 1 <i>Efecto de la zona sobre la biomasa (kg/ha) presente de los grupos botanales en otoño</i>	55
Tabla 2 <i>Efecto de la zona sobre la biomasa (kg/ha) presente de los grupos botanales en invierno</i>	56
Tabla 3 <i>Efecto del método de pastoreo sobre la biomasa (kg/ha) presente en invierno</i>	58
Tabla 4 <i>Efecto de la oferta de forraje sobre la biomasa (kg/ha) presente en invierno</i>	60
Tabla 5 <i>Efecto de la interacción método x zona sobre la biomasa (kg/ha) presente en otoño</i>	61
Tabla 6 <i>Efecto de la interacción método x zona sobre la biomasa (kg/ha) presente en invierno</i>	62
Tabla 7 <i>Efecto de la interacción oferta x zona sobre la biomasa (kg/ha) presente en otoño</i>	63
Tabla 8 <i>Disponibilidad (kg MS/ha) de MS para el periodo evaluado según el método de pastoreo</i>	70
Tabla 9 <i>Disponibilidad (kg MS/ha) de MS para el periodo evaluado según la oferta de forraje</i>	71
Tabla 10 <i>Disponibilidad (kg MS/ha) de MS para el periodo evaluado según la zona</i>	71
Tabla 11 <i>Efecto de la interacción método x zona sobre la tasa de crecimiento, en invierno</i>	77
Tabla 12 <i>Interacción del método x oferta de forraje sobre la tasa de crecimiento, en invierno</i>	77
Tabla 13 <i>Efecto de la interacción método x zona sobre la tasa de crecimiento, en otoño</i>	78
Tabla 14 <i>Utilización (%) de la pastura según el método para todo el periodo evaluado</i>	80
Tabla 15 <i>Utilización (%) de la pastura según las zonas, para todo el periodo evaluado</i>	80
Tabla 16 <i>Utilización (%) de forraje según el método de pastoreo, para invierno</i>	81
Tabla 17 <i>Utilización (%) de la pastura según la oferta de forraje, para invierno</i>	81
Tabla 18 <i>Efecto del método x oferta para la variable utilización (%) para el otoño</i>	82
Tabla 19 <i>Carga animal, oferta de forraje real, por subperiodo</i>	84
Tabla 20 <i>Efecto de la interacción método x oferta sobre la GMD (kg/a/d), para todo el periodo</i>	85
Tabla 21 <i>Evolución de los pesos vivo animal por hectárea (kg PV/ha)</i>	86
 Figura No.	 Página
Figura 1 <i>Distribución de los tipos de suelos en el sitio experimental</i>	34
Figura 2 <i>Mapa de empotramiento del potrero 13</i>	35
Figura 3 <i>Mapa georreferenciado, indicando las transectas del experimento</i>	37
Figura 4 <i>Temperaturas medias diarias del periodo evaluado desde abril hasta agosto</i>	45
Figura 5 <i>Cantidad de heladas meteorológicas en 2024</i>	46

Figura 6 Mapas de anomalías en la temperatura para el mes de mayo de 2024	47
Figura 7 Días consecutivos con temperaturas mínimas menores a 0 °C en el 2024	48
Figura 8 Balance Hídrico y nivel de almacenaje de agua, para los meses de abril hasta agosto	49
Figura 9 Dendograma sobre la composición de los grupos funcionales en otoño	50
Figura 10 Dendograma sobre la composición de los grupos funcionales en invierno.....	52
Figura 11 Efecto de la interacción método x oferta en la altura para todo el periodo	65
Figura 12 Evolución de la altura (cm) según los subperiodos evaluados	65
Figura 13 Altura (cm) del forraje según la interacción método x oferta para cada subperiodo	67
Figura 14 Altura (cm) de la pastura según la interacción oferta x zona, para cada subperiodo	68
Figura 15 Altura (cm) del forraje según la interacción método x zona para cada subperiodo	69
Figura 16 Efecto de la interacción método x oferta según la disponibilidad (kg/ha) de MS ...	73
Figura 17 Efecto de la interacción método x zona según la disponibilidad (kg/ha) de MS	74
Figura 18 Efecto de la interacción oferta x zona según la disponibilidad (kg/ha) de MS	75
Figura 19 Evolución de la tasa de crecimiento (kg MS/ha/d) según los tratamientos en el periodo evaluado	76
Figura 20 Evolución de la oferta de forraje (kg MS/100 kg PV) según los subperiodos evaluados	87
Figura 21 Efecto de la oferta de forraje (kg MS/100 kg PV) en la ganancia media diaria (kg PV/a/d).....	88

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar cómo, las principales variables modificables, siendo estas el método de pastoreo y la oferta de forraje, además de las condiciones edáficas afectan la productividad primaria, secundaria y la composición del tapiz vegetal. El mismo se llevó a cabo sobre el potrero 13 de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (La - 32.387511°S y Lo -58.033235°O) en un experimento de estructura factorial 2x2, donde se evaluaron dos niveles de oferta de forraje (OF; Alta y Baja, siendo las combinaciones 12% en otoño y 8% en invierno, y, 8% en otoño y 6% invierno, respectivamente) y dos métodos de pastoreo (rotativo y continuo). Los animales utilizados fueron novillos de la raza Holando, con un peso promedio de 350 kg, de 2-3 años de edad. Los niveles de OF se ajustaron mensualmente según la disponibilidad de forraje (kg MS/ha) y la tasa de crecimiento esperada, regulando la carga animal a partir de los datos de pesadas mensuales. El periodo de evaluación abarcó desde el 24 de abril de 2024 hasta el 26 de agosto de 2024, comprendiendo las estaciones de otoño e invierno. El objetivo del trabajo fue determinar la composición botánica, producción primaria y secundaria en los distintos tratamientos. Se clasificó el área en tres zonas –Bajo, Medio y Litosoles- correspondientes a situaciones contrastantes de tipos de suelo, según cartografía y apreciación visual a campo. Las variables determinadas fueron altura del forraje (cm), masa de forraje presente (kg MS/ha), composición botánica y ganancias medias diarias de los animales (kg PV/an/día). Para el análisis de los resultados, se utilizó el software estadístico InfoStat aplicando técnicas descriptivas multivariadas y análisis de la varianza (ANAVA), posteriormente, pruebas de comparación de medias mediante Tukey con nivel de significancia al 10%. La altura estuvo influenciada tanto por la oferta de forraje como por el método de pastoreo, destacándose el método rotativo con alta oferta como aquel que permitió alcanzar mayores alturas. Asimismo, se observó una fuerte incidencia de las condiciones edáficas: las mayores alturas se registraron en zonas bajas, mientras que las menores se presentaron en litosoles. La composición botánica estuvo principalmente determinada por las condiciones edáficas. Asimismo, se observó un efecto asociado tanto a la oferta como al método de pastoreo, lo que dio lugar a conjuntos contrastantes en términos de tipo vegetativo y productividad. Respecto a la tasa de crecimiento, se evidenciaron efectos atribuibles tanto a la zona como al método de pastoreo. Las zonas bajas mostraron una mayor tasa de crecimiento en comparación con las áreas de litosoles, al igual que el método rotativo frente al continuo. En el caso de la masa de

forraje se observó una marcada influencia de las tres variables (oferta, método y zona). La utilización de forraje estuvo determinada por el método, la oferta y las condiciones edáficas contrastantes. En cuanto a la productividad animal, esta se vio principalmente afectada por la oferta de forraje. Se registraron menores pérdidas en la ganancia media diaria bajo condiciones de alta oferta, especialmente dentro del sistema rotativo, mientras que en el método continuo no se observaron diferencias significativas entre niveles de oferta.

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

SUMMARY

This study seeks to determine how grazing methods and forage supply, as the main modifiable variables, in addition to soil conditions, affect primary and secondary productivity and the plant composition of the vegetation cover. A 2x2 factorial design experiment was conducted on pasture 13 of the Mario A. Cassinoni Experimental Station (La - 32.387511°S and Lo -58.033235°W), evaluating two levels of supply (high and low, with combinations of 12% in autumn and 8% in winter, and 8% in autumn and 6% in winter, respectively) and two grazing methods (rotational and continuous) are being evaluated. The animals used were Holstein steers. The OF levels are adjusted monthly according to forage availability (kg DM/ha) and expected growth rate, regulating stocking rates based on monthly weighing data. The evaluation period ran from 24 April 2024 to 26 August 2024, covering the autumn and winter seasons. The aim of the study was to determine the botanical composition and primary and secondary production for the different treatments. The area was classified into three zones—Low, Medium, and Litosols—corresponding to contrasting soil types, according to cartography and visual field estimates. The variables determined were forage height (cm), forage mass present (kg DM/ha), botanical composition, and average daily gains of the animals (kg BW/a/day). For the analysis of the results, the statistical software InfoStat was used, applying multivariate descriptive techniques and analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's mean comparison tests with a significance level of 10%. Height was influenced by both forage supply and grazing method, with the rotational method with high supply standing out as the one that allowed for greater heights to be achieved. Likewise, a strong influence of soil conditions was observed: the highest heights were recorded in low-lying areas, while the lowest were found in lithosols. The botanical composition was mainly determined by soil conditions. An effect associated with both supply and grazing method was also observed, resulting in contrasting sets in terms of vegetation type and productivity. With regard to growth rate, effects attributable to both the area and the grazing method were evident. Low-lying areas showed a higher growth rate compared to lithosol areas, as did the rotational method compared to the continuous method. In the case of forage mass, a marked influence of the three variables (supply, method and area) was observed. Forage utilisation was determined by the method, supply and contrasting soil conditions. Animal productivity was mainly affected by forage supply. Lower losses in average daily gain were recorded under conditions of high supply, especially within the

rotational system, while in the continuous method no significant differences were observed between supply levels.

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

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay el campo natural abarca un 70% de la superficie del país, siendo uno de los principales agro-ecosistemas productivos del mismo (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2023).

El tapiz vegetal del campo natural se compone por un gran número de especies, caracterizándose por presentar en términos generales una mayor predominancia de gramíneas de bajo y mediano porte; dicotiledóneas, integradas por compuestas, leguminosas, además de graminoides como ciperáceas y juncáceas. La variabilidad existente de las condiciones edáficas y climáticas imprime determinadas características particulares a la vegetación del tapiz. En consecuencia, a esta estrecha relación planta-suelo, la frecuencia y el hábito tanto fisiológico como ecológico de las principales especies que componen el tapiz del campo natural es afectado por características del material geológico, suelo, topografía y además por el efecto del manejo del pastoreo (Milot et al., 1987).

Trabajos nacionales demuestran que el manejo tradicional que se aplica a este recurso ha llevado a la degradación del campo natural dado principalmente por el uso de elevadas cargas, generando un sobrepastoreo de las pasturas naturales. Esto ha afectado negativamente la eficiencia productiva en los sistemas ganaderos, lo cual se ve reflejado en uno de los principales indicadores físicos como es el porcentaje de destete promedio a nivel país, que ronda el 64% (Díaz et al., 2008).

El objetivo de este trabajo es analizar el impacto de dos métodos de pastoreo con dos intensidades de defoliación contrastantes. Se profundizará en el conocimiento sobre los efectos involucrados en la frecuencia e intensidad de defoliación de grupos funcionales de plantas determinantes de la producción primaria y secundaria de los sistemas de producción en base a campo natural. Además, cómo se constituye la composición botánica del tapiz y cómo varía la misma dependiendo del método de pastoreo y la intensidad de defoliación.

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. GENERAL:

Este proyecto tiene como objetivo general evaluar los impactos de corto plazo generados por dos métodos de manejo del pastoreo vacuno, rotativo vs continuo, sobre campo natural con dos intensidades de defoliación sobre la productividad primaria y secundaria de los sistemas.

1.1.2. ESPECÍFICOS:

Evaluar el impacto del método de pastoreo y la intensidad de defoliación sobre la productividad primaria (kg MS aérea de forraje) y secundaria (GMD individual y GPV por hectárea) de un campo natural.

Cuantificar las características estructurales de la comunidad vegetal del campo natural sobre las especies dominantes, y las modificaciones en la composición botánica de las mimas generadas por los tratamientos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CAMPO NATURAL

2.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO NATURAL

El campo natural en Uruguay se encuentra constituido por el bioma campo. Según Allen et al. (2011) el bioma campo está compuesto por pastizales, junto con hierbas, pequeños arbustos y ocasionalmente árboles; sobre paisaje ondulado y montañoso, con fertilidad del suelo variable.

La cobertura vegetal del campo natural está formada por una amplia diversidad de especies, predominando en general las gramíneas de tamaño bajo y medio (Millot et al., 1987). También incluye dicotiledóneas, principalmente compuestas y leguminosas, así como graminoides como ciperáceas y juncáceas. Las condiciones variables del suelo y el clima influyen en las características particulares de esta vegetación. Por lo tanto, debido a la estrecha interacción entre las plantas y el suelo, tanto la frecuencia de aparición como los patrones fisiológicos y ecológicos de las especies más representativas se ven afectados por la naturaleza del material geológico, el tipo de suelo, la topografía y el manejo del pastoreo.

El campo natural se caracteriza por un mayor predominio de especies estivales lo cual explica la mayor producción de forraje en las estaciones de primavera y verano. Si bien en el otoño e invierno aumenta la participación de las especies invernales no llegan a superar a la productividad de las especies estivales (Berretta, 2000). La familia más predominante dentro de estas comunidades son las gramíneas conformándose tanto por especies C4 como C3 (Boggiano & Berretta, 2006). Sin embargo, el aporte que realizan las especies invernales en la estación más crítica del año en determinados tipos de suelo puede ser relevante, mayoritariamente en aquellos tipos de suelo más fértiles los cuales presentan una frecuencia más elevada de especies invernales (Carámbula, 1991).

Las especies invernales brotan luego de las primeras lluvias de otoño, adquieren vigor desde abril y su crecimiento invernal depende de la intensidad de las bajas temperaturas. Su máximo crecimiento se produce en primavera floreciendo desde septiembre hasta noviembre, pero reducen el mismo al mínimo en verano. Su producción en esta época estival depende del tiempo de descanso, determinado

fundamentalmente por la humedad. Los géneros de gramíneas invernales más destacables son: *Agrostis*, *Briza*, *Bromus*, *Chascolytrum*, *Danthonia*, *Hordeum*, *Lolium*, *Mélica*, *Piptochaetium*, *Poa*, *Stipa* y *Vulpia* (Carámbula, 1991).

Las especies estivales brotan con las altas temperaturas primaverales, adquieren vigor desde octubre hasta diciembre y crecen en verano según la disponibilidad de humedad; presentando un buen vigor durante las sequías normales. Florecen desde octubre hasta abril, ofrecen su máxima producción en otoño y reducen su crecimiento con las temperaturas frías y heladas, siendo su reposo invernal definido y completo. Entre los principales géneros de gramíneas estivales deben citarse: *Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Bothriochloa*, *Bouteloua*, *Chloris*, *Coelorhachis*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Eleusine*, *Eragrostis*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium*, *Setaria* y *Sporobolus* (Carambula, 1991).

2.1.2. IMPORTANCIA DEL CAMPO NATURAL

El campo natural es el principal recurso forrajero del Uruguay, cubriendo cerca del 60 % de la superficie nacional, y constituye la base de la producción ganadera extensiva del país (Fernández et al., 2014), representando casi la totalidad de la cría de terneros, un 45% de la recría y un 30% de los novillos faenados (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2021). Su importancia radica en su capacidad para sostener una producción forrajera estable, adaptada a las condiciones climáticas y edáficas locales, con bajos requerimientos de insumos externos. El campo natural además de tener su valor productivo, también cumple un rol clave en la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y el ciclo hidrológico, integrando funciones ecológicas esenciales para la sostenibilidad de los sistemas ganaderos; todos estos beneficios, conocidos como servicios ecosistémicos, se originan en la diversidad de especies que conforman el campo natural y en el funcionamiento de procesos ecológicos clave, como la productividad primaria neta, el ciclado de nutrientes y el ciclo hidrológico (Fernández et al., 2014).

El aprovechamiento del campo natural permite mantener sistemas de producción con bajos niveles de insumos externos, lo que además resulta particularmente relevante para acceder a mercados diferenciados, como los de carne orgánica y natural, donde se valoran aspectos como la alimentación a pasto y la ausencia de productos químicos incorporados al sistema. Además, el manejo adecuado

del campo natural no solo es compatible con criterios de sostenibilidad, sino que también favorece la conservación de la biodiversidad, la estructura del suelo y la calidad del agua, aspectos que son considerados en los protocolos de certificación internacional (Boggiano & Zanoniani, 2014).

El incremento en la productividad de las pasturas naturales es una vía para favorecer su conservación, de forma de hacerlas más competitivas productivamente frente a las alternativas que lo sustituyen, y así resaltar su valor como recurso acondicionador de la conservación de la calidad del ambiente y la biodiversidad (Boggiano, 2015).

2.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE

2.2.1. DEFINICIÓN

La oferta de forraje es la relación entre la carga animal y la disponibilidad de pasto, la cual se expresa en kg de materia seca cada 100 kg de peso vivo animal, lo cual determina como consecuencia la intensidad del pastoreo (Nabinger et al., 2011).

2.2.2. PRODUCCIÓN PRIMARIA

La producción primaria se refiere a la acumulación de biomasa generada por el proceso de formación de nuevos tejidos foliares, lo cual no siempre corresponde al total de biomasa acumulada en un determinado momento, dado que esta biomasa puede presentar tejido senescente (Nabinger, 1998). La oferta de forraje determina el área foliar remanente lo cual repercute en la cantidad de hojas en el dosel vegetal y por lo tanto en la captación de la radiación solar, la cual es utilizada por la planta para síntesis de tejido (Nabinger et al., 2011). A medida que se genera un aumento en la oferta forrajera, la producción primaria aumenta de forma cuadrática, este aumento es resultado de una mayor área foliar remanente fotosintéticamente activa, lo cual permite un aumento en la tasa de crecimiento (Moojen & Maraschin, 2002).

Existe una correlación positiva entre el índice de área foliar y la tasa de crecimiento la cual presenta una respuesta asintótica, llegando a un determinado valor de índice de área foliar (IAF) a partir del cual no aumenta la radiación solar absorbida, consecuentemente la tasa de crecimiento tampoco, lo cual es provocado por el sombreado de hojas sobre las ya existentes (Boggiano & Zanoniani, 2014). Un aumento en la eficiencia de uso de la radiación, resultado de un ajuste de la oferta de forraje

ascendente, lo cual está explicado por la mayor área foliar remanente resultado de la menor presión de pastoreo, explica una mayor eficiencia en la transformación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) incidente en producción primaria (Nabinger, 1998).

La producción de forraje presenta una respuesta cuadrática, donde a medida que aumenta la oferta de forraje se genera un aumento en la producción de forraje hasta un determinado punto, donde se puede observar que a niveles de 4%, 8%, 12% y 16% se obtienen producciones de 2705 kg/ha, 3488 kg/ha, 3723 kg/ha y 3393 kg/ha respectivamente (Maraschin et al., 1997); ya que ofertas de forraje del 4% dejan un rastrojo en desventaja para la captación de radiación, mientras que ofertas de 16% generan un incremento del tejido senescente que oscila entre el 15 al 35%, afectando también la captación de radiación. A medida que aumenta la oferta de forraje, tanto la acumulación de materia seca y la producción de forraje muestran una respuesta cuadrática, siendo el óptimo en niveles de oferta de 11,5% (Moojen & Maraschin, 2002).

Según Mezzalira et al. (2012), la tasa de crecimiento presenta un efecto directo del pastoreo sobre la producción de pasto, a medida que se genera un aumento en la oferta de forraje la tasa de crecimiento presenta un aumento, explicado por la menor presión de pastoreo. Un cambio en la oferta de forraje al 8% en la primavera y al 12% en las demás estaciones del año se convierte en un incremento de la tasa de crecimiento del pasto, lo que resulta de una mayor producción anual, cuando se compara con ofertas del 4%, que generan como resultado un menor promedio de altura del pasto.

Las mayores tasas de acumulación de forraje suelen ocurrir en las estaciones de primavera y verano, lo cual es explicado por un efecto de la estación demostrando la importancia que tienen las condiciones climáticas sobre estas variables (Aguinaga, 2004); donde en dichas estaciones se reportaron altas temperaturas, insolación, mineralización de la materia orgánica del suelo e índices de precipitación satisfactorio. Además, se debe considerar el efecto de la oferta de forraje en la tasa de crecimiento y su manejo diferencial según las estaciones, donde trabajando con ofertas del 8% en la primavera y 12% el resto del año, fue el que logro una mayor tasa de crecimiento durante la primavera, lo cual está explicado por la calidad fotosintética de masa de forraje, dado por la menor oferta en la primavera lo cual permitió un nuevo rebrote. Lo

cual genera que en la estación de verano la mayoría de los macollos sean vegetativos con una alta capacidad fotosintética.

2.2.3. ESTRUCTURA DE FORRAJE

El manejo de ofertas de forrajes en el campo natural provoca modificaciones espaciotemporales en la estructura del tapiz vegetal, en especial en la dinámica entre los sitios de alimentación y el área efectivamente pastada, y también en la frecuencia de especies y/o estructuras indeseables para el consumo del ganado (Neves et al., 2009).

La intervención con diferentes ofertas de forraje determina dos estructuras bien definidas: estrato inferior, compuesto por especies de hábito de crecimiento postrado, como *Paspalum notatum* con un mejor valor nutritivo; y un estrato superior, formado por gramíneas erectas, como *Andropogon lateralis*, con un valor nutritivo menor (Pinto et al., 2008).

Neves et al. (2009), observó que manejando ofertas de forraje del 8% durante todo el año, se promovió un mayor porcentaje del área efectivamente pastada, pero los valores de masa de forraje y altura en el estrato inferior fueron los más bajos. Mientras que manejando ofertas del 12% si bien presentaron mayor masa y altura de forraje en comparación con el 8% OF, el área efectiva pastoreada fue menor, promoviendo la formación del doble estrato. Mientras que la oferta de forraje diferida estacionalmente de 8 en primavera y 12% el resto del año, permite aumentar la altura y la masa del estrato inferior, y logró un área efectiva pastoreada similar a la oferta del 8% durante todo el año.

2.2.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

La actividad de pastoreo lleva a cambios en la composición botánica que pueden afectar tanto la cantidad, calidad y estacionalidad de la producción de la pastura y por consiguiente la producción animal. La presión de pastoreo modifica la frecuencia con la que diferentes especies de plantas presentes sufren defoliación repercutiendo en la proporción de especies que componen el tapiz florístico (Nabinger & Carvalho, 2009).

En ausencia de pastoreo, unas pocas especies de mayor porte y erectas dominan la comunidad, mientras que un pastoreo moderado crea un patrón de mosaico, con pastos de menor porte que predominan en parches pastados y pastos altos. A medida que la presión de pastoreo es menor la diversidad disminuye dado la dominancia de

algunas especies en el dosel, mientras que con pastoreos moderados la diversidad aumenta, y con pastoreo con una mayor intensidad la diversidad disminuye a medida que pasto de menor porte dominan la comunidad (Milchunas et al., 1988).

Con OF intermedias del 12%, se observó una mayor diversidad de especies destacándose una mayor presencia de especies invernales, estivales cespitosas y un aumento en la cantidad de especies leguminosas. A medida que se incrementa la oferta al 16%, la diversidad de especies disminuye, debido a la mayor prevalencia de especies de mayor porte y de baja calidad. En contraste, OF del 4% también provocan una disminución en la diversidad, predominando especies de menor tamaño (Carvalho et al., como se cita en Nabinger et al., 2011).

En cuanto a las especies de hábito postrados, se observó que a medida que disminuye la oferta de forraje el *Paspalum notatum* aumentaba pasando de contribuir con una cobertura del 26,9% a bajas cargas, a aumentar en un 62,9% en la cobertura del tapiz frente a cargas elevadas. Mostrando una tendencia similar en el caso de *Axonopus affinis* (Gonçalves & Girardi-Deiro, 1986). Este tipo de especies presentan un mayor crecimiento horizontal, cuando se someten a cortes frecuentes (Rosengurtt, 1943), lo que les confiere una mayor adaptabilidad frente a presiones de pastores más intensos, y una mejor competencia con respecto a especies de hábito erecto (Rosito & Maraschin, 1984). También se debe considerar la interacción entre el tipo de suelo y la humedad de este ya que influye en las tendencias de sucesión vegetal que condicionan la composición botánica (Boldrini, 1993, como se cita en Nabinger & Carvalho, 2009).

2.2.5. PRODUCCIÓN SECUNDARIA

El ajuste de carga en función de la disponibilidad de pasto se traduce en poder controlar la oferta de forraje, es decir la cantidad de pasto que el animal debe encontrar a su disposición diariamente. Donde además, su capacidad de ingesta está en función de su tamaño corporal, es decir su peso vivo. Por otra parte, el forraje debe ser cosechado por el animal, y por lo tanto la capacidad de consumo también puede variar en función de la forma en el que el forraje se presenta al animal (Nabinger & Carvalho, 2009). En este sentido Allden y Whittaker (1970, como se cita en Montossi et al., 1996), definen el consumo como la cantidad de forraje consumido diariamente resultado del producto del tiempo en pastoreo y la tasa de consumo, esta a su vez determinada por el peso de cada bocado y la tasa de bocado, durante el pastoreo. En pasturas templadas, los tres

componentes de comportamiento animal son principalmente afectados por la altura de la pastura. Donde la altura es un buen indicador de la disponibilidad de forraje, dadas las altas correlaciones lineales y positivas que se han encontrado en diversos experimentos, permitiendo usar este indicador a nivel comercial (Montossi et al., 1996).

En este sentido se ha observado a partir de diversos experimentos que se pueden lograr mayores productividades con un correcto ajuste de la carga animal en función de la disponibilidad de forraje, llegando a triplicar la producción animal sin costo adicional (Nabinger & Carvalho, 2009).

Por otra parte, las ganancias medias diarias presentan una respuesta cuadrática en función de la oferta de forraje, alcanzando la máxima ganancia media diaria en niveles de ofertas del 13,4%, llegando a ganancias de 0,540 kg por día en las estaciones de primavera y verano; en cuanto a lo que son las ganancias por ha se presenta una tendencia similar llegando al máximo de productividad, 185 kg/ha/año, con OF de 11,8% (Moojen & Maraschin, 2002).

En el trabajo realizado por Aguinaga (2004), lo que se observó fue que lo que permitió aumentar las ganancias medias diarias y la productividad por ha fue el tratamiento con carga diferencial estacional, utilizando 8% en primavera y 12% durante el resto del año con respecto a los tratamientos de ofertas fijas, en esta primer oferta con respecto al tratamiento con carga diferencial se puede permitir aumentar la carga y generar buenas ganancias dado por la mayor cantidad de forraje explicado por la mayor tasa de acumulación de forraje durante este periodo primaveral.

Lo que explica un mejor desempeño animal en las demás estaciones del año es el efecto que tiene este manejo en la composición del forraje, ya que, con el aumento de la oferta de forraje en el verano, se genera una mayor participación de láminas foliares en la masa de forraje, consecuencia de la menor OF en la primavera lo cual ocasionó de que el material senescente no se viera promovido, lo cual generó que el área cosechada por el animal tuviera una buena calidad (Soares, 2002). Mientras que a ofertas del 4% las ganancias medias diarias son menores dado por una limitación del consumo (Aguinaga, 2004).

Con tratamientos a ofertas fijas al 12% OF se logró una productividad de 189 kg/ha con una ganancia media diaria promedio de 0,293 kg/a/d, mientras que el tratamiento de oferta diferencial 8-12% fue el que permitió generar la mayor

productividad por hectárea y ganancias individuales de todo el experimento, alcanzando valores de 263 kg/ha y 0,375 kg/animal (Aguinaga, 2004).

2.3.EFECTO DEL MÉTODO DE PASTOREO

2.3.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

El conocimiento de aspectos relacionados con la carga animal, los factores que modulan la dinámica de la distribución de los animales en pastoreo y las características de los métodos de pastoreo para la conducción de estos, son herramientas de manejo poderosas que el productor tiene para mejorar el nivel de producción animal en un sistema pastoril. Un buen manejo del pastoreo es la clave para asegurar que ese potencial de producción de la pastura sea alcanzado (Brizuela & Cibils, 2011).

La utilización de frecuencias diferenciales entre pastoreos provocó aumentos paulatinos en la producción de forraje, alcanzando en algunos de ellos productividades cercanas a las logradas en las pasturas sembradas en la misma zona geográfica. La respuesta general a un aumento en el período de descanso fue el incremento en la producción de forraje (Boggiano et al., 2005).

La intensidad de defoliación determina qué cantidad de la energía radiante que llega a nivel del dosel vegetal es capturada. Esto constituye la primera limitante que tienen estos sistemas pastoriles, y es que las láminas foliares de las plantas son, simultáneamente, los órganos que capturan la energía radiante y sintetizan la materia seca y también representan el alimento para los animales. Por lo tanto, estos sistemas que funcionan en base al flujo de energía solar donde esta tiene que ser capturada por las plantas para transformarse en alimento para los animales, tiene la característica de que, para obtener la producción comercializable, se consume el área foliar, que es la estructura responsable de la producción de alimento (Boggiano & Zanoniani, 2014).

La pastura que inicia el rebrote con mayor IAF llega más rápidamente al máximo de intercepción -al máximo de producción acumulable- frente a la más intensamente defoliada que tuvo que reponer estructuras para luego recuperar la tasa de acumulación de forraje. Analizado en el mediano plazo, a través de lo que sucede con las tasas instantáneas, vemos que es mayor la tasa instantánea de la pastura más intensamente pastoreada y que repuso mayor proporción de hojas frente a la pastura que mantuvo un área foliar más vieja y por tanto menos eficientes fotosintéticamente. Eso

lleva a mantener producciones promedio mayores en la pastura que fue mantenida con un área foliar más eficiente fotosintéticamente. La pastura con mayor área foliar remanente acumula más forraje senescente reduciendo la eficiencia fotosintética del dosel y presentando mayor sombreado en los estratos inferiores de la pastura, lo que determina que su tasa instantánea de producción decrezca. Si estos procesos se mantienen en el tiempo, el número de puntos de crecimiento por unidad de área tiende a ser menor, en respuesta a cambios en la calidad de la radiación que atraviesa el dosel. (Boggiano & Zanoniani, 2014).

Cuando se realiza un pastoreo continuo, se genera una eliminación continua de las hojas lo cual tiene un gran efecto en la capacidad fotosintética de las hojas que no son defoliadas, las cuales al no ser sombreadas por hojas viejas, desarrollan una gran capacidad fotosintética. Sin embargo, si se mantiene una alta presión de pastoreo muchas de estas hojas jóvenes son eliminadas generando una disminución en la capacidad fotosintética del dosel, lo cual da como resultado final una disminución en la producción de forraje (Nabinger, 1998).

Sin embargo, si se maneja un pastoreo continuo con una presión de pastoreo laxa, lo cual permita tener un IAF cercano al crítico llegando a interceptar la máxima radiación posible, podría ser hasta más beneficioso que un pastoreo rotativo porque mantiene un IAF constante a lo largo de la estación favorable, maximizando así la asimilación fotosintética. Otro aspecto a considerar es cómo esto afecta la utilización de la pastura, en este caso la tasa de crecimiento varía poco y en consecuencia la tasa de senescencia es relativamente constante, y el IAF se mantiene constante a través del manejo de la presión de pastoreo, a diferencia del pastoreo rotativo en el cual se genera un aumento continuo de la IAF después de un corte o pastoreo y a la ausencia de defoliación posterior (Nabinger, 1998).

El pastoreo rotativo afecta las características fotosintéticas del forraje, lo cual depende de la cantidad de área foliar residual y de la capacidad fotosintética de estas hojas restantes. La capacidad fotosintética de una hoja depende del ambiente lumínico en el cual se formaron, dado que las hojas que queden en el dosel corresponde a las que se encuentran más hacia la base del tallo y dado la menor incidencia de radiación que estas interceptaban, esto lleva a que el IAF presente una baja capacidad fotosintética y el rebrote inicial sea lento (Nabinger, 1998).

En el trabajo realizado por Brougham (1956, 1957, como se citan en Nabinger, 1998), lo que se observó es que cuanto mayor es la defoliación que sufren las hojas, se genera una gran reducción en cuanto a la intersección de radiación y aumenta el tiempo necesario para alcanzar el IAF crítico. Esta respuesta refleja las consecuencias de diferentes intensidades de defoliación y cómo a medida que es mayor repercute en un enlentecimiento de la recuperación del IAF de la planta.

Según Parsons et al. (1988, como se cita en Nabinger, 1998), se debería entrar a pastorear una determinada área en sistemas rotativos al final de la fase exponencial de acumulación de biomasa área, lo que coincide con la máxima tasa de crecimiento. Tanto el pastoreo rotativo como el continuo presentan este mismo modelo de respuesta. Si bien el pastoreo rotativo aprovecha el tiempo entre la producción de una nueva hoja y la senescencia, en el cual la planta crece sin el estrés de la presencia del animal, aun así estas ventajas en la práctica son pequeñas.

Según Formoso y Gaggero (1990), el pastoreo diferido genera una mayor producción de forraje en comparación con el pastoreo continuo, sobre todo en la relación ovino/vacuno 2:1 en comparación de la relación 5:1, donde los aumentos fueron del 23% y 12% respectivamente. Estas diferencias observadas podrían estar explicadas por la alteración en la composición botánica, donde en el pastoreo continuo se presenta un avance importante de no gramíneas, que contribuyen casi en igual proporción que las gramíneas, mientras que en el pastoreo diferido dichas modificaciones no se presentaron con tal intensidad. Lo cual a la vez lleva a una disminución en la tasa de senescencia.

En cuanto a la producción anual de forraje entre el pastoreo rotativo y continuo no se generan grandes diferencias, sin embargo, las mayores producciones de forraje se atribuyen a el pastoreo rotativo generando un aumento del 11% en la producción total de forraje, lo cual está explicado por los periodos de descansos. Estos periodos de descanso permiten una mejor recuperación de las plantas, ya que su rebrote no es comido inmediatamente, teniendo así mayor cantidad de tejido fotosintético para acumular reservas; por otra parte, los periodos de descanso entre pastoreos favorecen la floración y semillazón de las especies (Berretta, 2005). Por lo que, una larga historia de pastoreo continuo ha llevado sin duda a una erosión de los recursos genéticos, pero al mismo tiempo al desarrollo de una comunidad resistente al pastoreo.

2.3.2. ESTRUCTURA DE LA PASTURA

El método de pastoreo implementado genera una variación en la defoliación del tapiz vegetal. En el pastoreo continuo los animales centran su actividad en solo un estrato, mientras que en pastoreo rotativo los animales van defoliando desde el estrato superior al inferior (Waite, como se cita en Wade & Agnusdei, 2001).

Según Saul y Chapman (2002, como se cita en Sollenberger et al., 2012), el pastoreo rotativo permite un aumento de la utilización del forraje de entre 5-15% con respecto al pastoreo continuo. Según Heitschmidt (1988, como se cita en Sollenberger et al., 2012), el pastoreo rotativo permite aumentar la eficiencia de cosecha ya que facilita la distribución espacial del pastoreo al aumentar la carga instantánea, reduciendo a la variabilidad espacial del pastoreo.

En pastoreo continuo sobre áreas grandes, mayor a la necesaria para que los animales obtengan los requerimientos de forraje diarios, el pastoreo se concentra en áreas preferidas, generando manchones de pasturas de alta palatabilidad y bajo contenido de fibra que quedan de baja altura por sobre pastoreo (Laca, 2011).

Un estudio de Dos Santos et al. (1985) comparó muestras en pastoreo rotativo y continuo, observando que el rotativo, al alternar potreros, modifica la composición botánica y la estructura del forraje al evitar la presión constante sobre los estratos inferiores, lo que permite una recuperación más equilibrada de la planta y favorece una estructura del forraje más homogénea.

En sistemas de pastoreo continuo, el ganado ejerce una selectividad intensa sobre los rebrotes tiernos de las especies más palatables, lo que conduce a un consumo muy desigual del forraje. Esta estrategia preferencial provoca la desaparición progresiva de las especies invernales de mayor valor nutritivo, y a su vez favorece el establecimiento de gramíneas postradas de menor calidad, malezas, y una estructura del forraje menos homogénea en el pastizal natural uruguayo (Díaz et al., 2008).

2.3.3. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Los períodos de descanso (tiempo que tiene la pastura para recuperarse) son el factor fundamental en determinar la evolución de la composición botánica de la pastura (Boggiano et al., 2005). Por otro lado, la intensidad de pastoreo que promueve la producción primaria y la producción secundaria también promueve la diversidad y la riqueza de la flora (Nabinger et al., 2011).

El pastoreo continuo genera que el ganado decida con qué frecuencia y hasta que altura pastorear. Este sistema de pastoreo también permite que los animales sean más selectivos en la elección de su dieta, por lo tanto, no proporcionan un descanso regular a las especies más apetecibles (Sollenberger et al., 2009). Estas especies más apetecibles van a ser defoliadas con alta frecuencia, agotando su área foliar, sus reservas y puntos de crecimiento. Como consecuencia, algunas especies de pastos deseables pueden desaparecer con el tiempo, utilizando este tipo de manejo del pastoreo.

Por otra parte, Berretta (2005) define que en el pastoreo rotativo, al generarse periodos de descanso, esto permite que se promuevan especies de hábito cespitoso, pero también tienden a acumularse ciertas estructuras como hojas viejas y cañas florales. Especies estoloníferas como *Paspalum notatum* tienden a disminuir su frecuencia. Mientras que, en sistemas con pastoreo continuo, aumenta la frecuencia de especies estoloníferas las cuales presentan una mayor adaptación a la defoliación continua generada por el animal, mientras que otras especies de hábito más cespitoso como *Paspalum plicatulum*, tienden a disminuir su frecuencia dado su menor adaptabilidad al sistema empleado.

En cuanto a la contribución de grupos taxonómicos según el sistema de pastoreo implementado, esto presenta un efecto según la topografía, con tendencias bastante similares entre un bajo y la ladera. Las leguminosas aumentan su frecuencia cuando se pasa de un pastoreo continuo a rotativo, mientras que las malezas tienden a dimitir su presencia bajo pastoreo rotativo. Con referencia a las malezas, cabe destacar la mayor importancia de ambos tipos, tanto malezas enanas como de campo Sucio, bajo pastoreos continuos, siendo este factor quizás una de las causas directas de la disminución de producción de forraje (Boggiano et al., 2005).

Los periodos de descanso que permite el pastoreo rotativo permiten aumentar la contribución de pastos finos, en especial especies cespitosas que desplazan a las postradas; además de generar una disminución de especies de baja palatabilidad explicado por la utilización de altas cargas instantáneas que disminuyen la selectividad (Boggiano et al., 2005).

En la ladera, los manejos más frecuentes generan que las malezas enanas sean desplazadas por la competencia de gramíneas postradas como *Paspalum notatum*, las que por sus características morfológicas aumentan bajo dichos manejos (Boggiano et

al., 2005). Mientras que, los pastoreos más frecuentes en el bajo reducen la capacidad de las especies altas como *Paspalum quadrifarium* para sombrear los estratos inferiores, permitiendo el desarrollo de especies lumínicas como las malezas enanas (Boggiano et al., 2005).

2.3.4. PRODUCCIÓN SECUNDARIA

El pastoreo rotativo promueve las gramíneas de porte erecto, explicado por los días de descanso lo cual promueve el crecimiento y desarrollo de estas especies, lo cual a la vez aumenta la oferta de forraje, pero en contrapartida disminuye la calidad de estado dado por el aumento del material senescente. Por lo tanto, la ganancia de peso vivo (GPV) es afectada por estas condiciones, además del efecto del cambio de parcela, sobre todo en la primavera. En cambio, el pastoreo continuo, dado la presencia constante de los animales, la preferencia y la selectividad del forraje permiten que las GPV compensen las pérdidas invernales, generando un balance positivo, igual o superior al sistema diferido evaluado en la totalidad del año (Formoso, 2005).

Según Formoso (2005), no se observan diferencias significativas en cuanto a la ganancia de peso vivo entre los dos métodos de pastoreo, rotativo vs continuo. Lo cual está explicado por la composición florística la cual se modifica según el tipo de pastoreo realizado. En la primavera en el caso del pastoreo continuo se genera un mayor rebrote, 12% superior en calidad, compuestos principalmente por especies rastreras y dicotiledóneas en comparación con el pastoreo diferido, lo cual permite compensar las pérdidas invernales generando un balance positivo. Mientras que el pastoreo rotativo en la primavera dado los periodos de descansos si bien generan una mayor oferta, también se traduce en una menor calidad del forraje por la mayor presencia de restos secos.

En el trabajo realizado por Garcia de Souza (1989), no se observaron diferencias significativas en cuanto a las ganancias media diarias (GMD) y la productividad por hectárea entre el pastoreo continuo y rotativo. Donde los resultados obtenidos fueron de una GMD de 0,272 kg en el pastoreo continuo, 0,298 kg en pastoreo rotativo con 28 días de descanso R28 y 0,229 kg en pastoreo rotativo con 42 días de descansos PR42. Mientras que en cuanto a la productividad por hectárea esta fue de 164 kg, 214 kg y 171 kg para el pastoreo continuo, PR28 y PR42 respectivamente.

2.4. INTERACCIÓN ENTRE EL MÉTODO DE PASTOREO Y LA OFERTA DE FORRAJE

Las decisiones más importantes que se deben tomar al diseñar un programa de manejo del pastoreo son: tipo de forraje, categoría animal, intensidad y frecuencia del pastoreo. En esta discusión sobre el manejo del pastoreo, se supone que la base forrajera y el tipo de animal ya han sido determinados. Nos centraremos en la cuestión de con qué intensidad y con qué frecuencia se produce el pastoreo (Sollenberger et al., 2009).

3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

La intensidad de defoliación, determinada por la oferta de forraje, genera efectos en la producción primaria y secundaria del campo natural, así como la composición botánica y estructura de las especies del tapiz.

Se plantea que el incremento en la intensidad de defoliación, medido a través de la oferta de forraje, tenderá a reducir tanto la productividad primaria como la secundaria [provocando una menor estructura de la pastura y favoreciendo una composición botánica dominada por especies de porte postrado.

El método de pastoreo (ocupación continua o rotativa) no produce diferencias significativas en la producción primaria y secundaria, pero sí modifica la composición del forraje disponible.

Se plantea que el método de pastoreo (continuo vs. rotativo) no generará diferencias significativas en la productividad primaria ni secundaria; sin embargo, sí se esperan efectos sobre la composición botánica. En este sentido, el pastoreo continuo favorecería especies de porte postrado, mientras que el pastoreo rotativo permitiría el desarrollo de especies cespitosas.

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 se realizó desde el 24 de Abril del 2024 hasta el 23 de Agosto del 2024. Contempla el estudio de parte de la estación de otoño y todo el invierno del año 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 Altamirano et al. (1976) 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.

Según Preciozzi et al. (1985) esta formación se caracteriza por areniscas muy finas y loess, con porcentaje variable de arena fina, a veces muy arcillosas, masivas, de color naranja; en la base, desarrolla niveles lodo líticos, fango líticos y brechoides.

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.

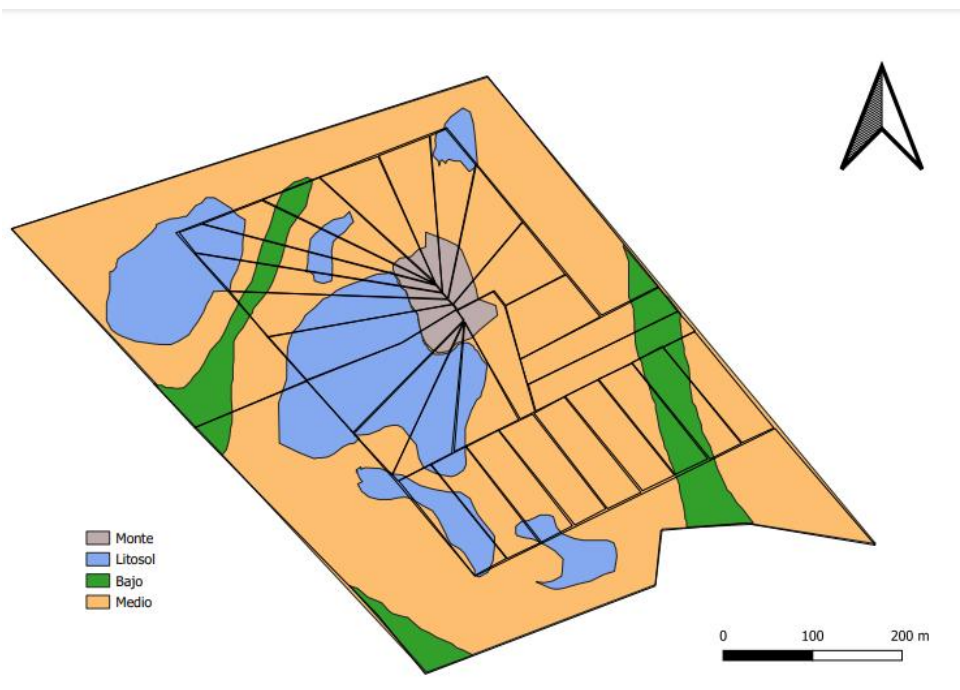
En los anexos A y B se presentan la diversidad de suelos dentro del Potrero 13 descriptos en la carta detallada de suelos de la EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 10 de febrero, 2025). En dichos anexos se expone también la asociación entre

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

Mediante la utilización de imágenes satelitales (Google Earth, 2025), la Carta de suelos de EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 10 de febrero, 2025), 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 los tipos de suelos en el sitio experimental*

Nota. Realizado con el programa QGIS Development Team (2023) versión 3.28.5 a partir del mapa de suelos de la EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 25 de febrero, 2025).

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, alta y baja. Para los tratamientos con alta oferta presentaron en otoño una oferta de 12 kg de MS cada 100 kg de PV y en invierno 8 kg de MS cada 100 kg de PV. Por otra parte, los tratamientos de baja oferta presentaron en otoño ofertas de 8 kg de MS cada 100 kg de PV y en invierno 6 kg de MS cada 100 kg de PV.

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 a 6 kg MS cada 100 kg PV.

B. Alta oferta y método de pastoreo continuo (CA). Oferta de 8 a 12 kg de MS cada 100 kg de PV.

C. Baja oferta y método de pastoreo rotativo (RB). Oferta de 4 a 8 kg de MS cada 100 kg de PV.

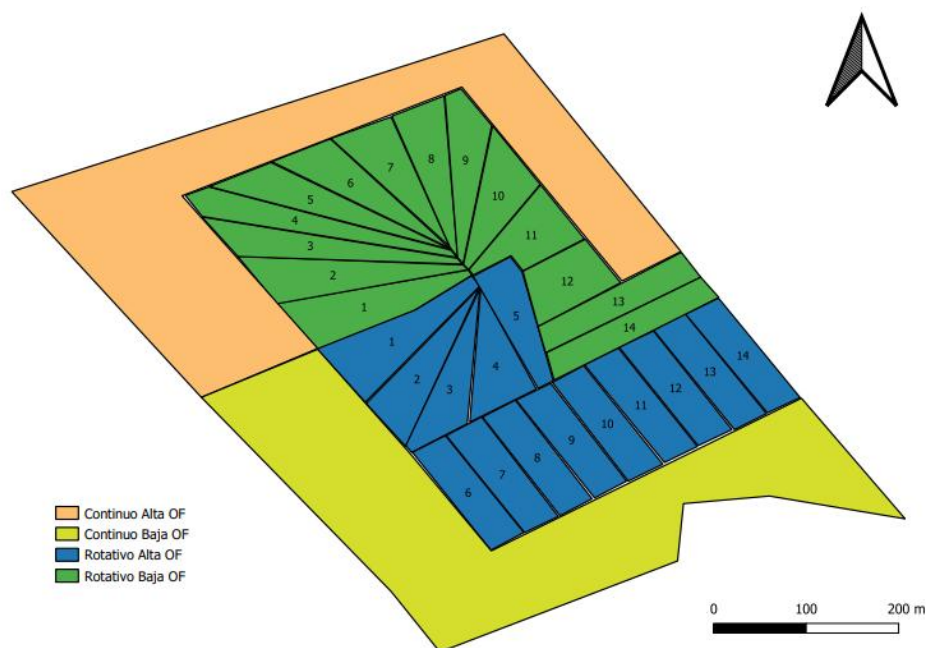
D. Alta oferta y método de pastoreo rotativo (RA). Oferta de 8 a 12 kg de MS cada 100 kg de PV.

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. Dado que si bien se trata de un factorial 2x2 donde los principales factores que se están evaluando son el método de pastoreo y la oferta de forraje, también se evalúa el efecto de la zona en las variables estudiadas.

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

Figura 2

Mapa de empotrerramiento del potrero 13



Nota. Realizado con el programa QGIS Development Team (2023) versión 3.28.5

4.1.5. ANIMALES EXPERIMENTALES

Los animales con los que se trabajó fueron novillos de raza Holando, de 2 a 3 años de edad, con un peso vivo promedio de 350 kg/a, con un desvío estándar de 101 kg.

Estos se dividieron en animales tester y volantes según el método *put and take* (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 animales tester. El peso vivo medio de los “Tester” a inicio del periodo experimental, para cada tratamiento, fueron: 400 kg (CA), 361 kg (CB), 382 kg (RA) y 362 kg (RB), presentando un desvío estándar de 79 kg, 99 kg, 70 kg y 89 kg respectivamente. Todos los animales experimentales estuvieron libres de enfermedades y el que hubiera 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 y algunos datos del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET). 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 (K_c) 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 4 subperiodos de estudios:

- 1) 25/04 - 20/05
- 2) 20/05 - 20/06
- 3) 20/06 - 23/07
- 4) 23/07 - 22/08

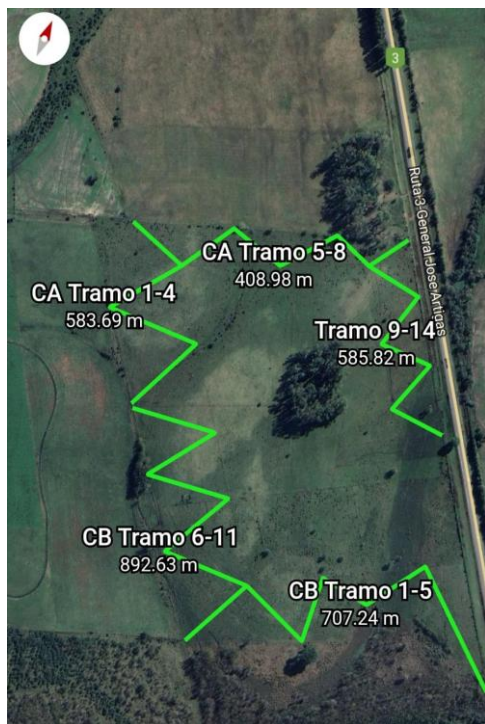
4.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PASTURA

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 3).

Figura 3

Mapa georreferenciado, indicando las transectas del experimento



Nota. CB: Continuo de baja; CA: Continuo de alta; Dentro de cada tramo se agrupan el número de transectas que indica en la imagen. Elaborado con Google Earth (2025), 32°23'19"S 58°02'05"W, altitud 48 m.

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 un tallo vegetativo 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 jaulas en el tratamiento continuo de alta oferta y 8 jaulas 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, se consideran que no son diferentes y se ajustó una ecuación única para todo el periodo de evaluación (Tabla 1).

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

Los muestreos realizados para analizar esta variable fueron realizados el 10 de junio y el 26 de agosto del 2024. Se utilizó el método BOTANAL propuesto por Tothill et al. (1992). Para la realización de este 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 D). Se realizaron 60 muestras por cada tratamiento, en puntos georreferenciados.

En los tratamientos continuos, los puntos se encontraban sobre las transectas descriptas 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 contribución 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.

4.2.2.7. 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 garantizar el ajuste adecuado de las cargas en cada tratamiento, se realizaron pesajes mensuales de los animales. A partir del peso vivo total por tratamiento y considerando la disponibilidad de forraje, se ajustaron las cargas de manera periódica. En el caso del tratamiento rotativo, la carga fue reajustada en cada cambio de parcela, basado en la medición de la disponibilidad de forraje y en función del tiempo de ocupación.

4.2.3. CARACTERIZACIÓN LA PRODUCTIVIDAD ANIMAL

4.2.3.1. 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.

4.2.3.2. CARGA ANIMAL

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

4.2.3.3. 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.

4.2.3.4. 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/ha.

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.3.1. VARIABLES DE LA PASTURA

El modelo estadístico empleado para el análisis de las variables de la pastura

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

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 se tuvo en cuenta para el análisis y se incluyó en el término de error.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y contrastes de medias según el test de Tukey, para la altura, disponibilidad, tasa de crecimiento y la composición botánica. En el caso de la composición botánica y tasa de crecimiento se realizó un análisis para cada una de las estaciones evaluadas, otoño e invierno. Mientras que para las demás variables se realizó un análisis de todo el periodo evaluado, además de un análisis por los 5 subperiodos que componen el periodo experimental en su totalidad. Se analizaron en primer lugar la interacciones entre los factores, y si no se encontraban significancia de estas, se pasa a analizar los factores de forma independientes.

Con respecto a la composición botánica, se realizó un análisis de conglomerados lo cual permitió una visión más cualitativa de los efectos de los tratamientos en el tapiz vegetal. Este análisis considero los kg de materia seca de cada grupo botanal, siendo las variables evaluadas el método, oferta y zona, realizando un análisis multivariado evaluando las tres variables en conjunto, lo cual dio como resultado dos conglomerados, uno para la estación de otoño y otro para la estación de invierno.

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.HIPOTESIS ESTADISTICA

En los Anexos G, H, I, J se encuentran las fuentes de variación y grados de libertad asociados a los modelos estadísticos relacionados a la pastura, para la variable altura, disponibilidad, tasa de crecimiento y utilización de forraje.

4.4.1. MODELO ESTADÍSTICO ASOCIADO A LA PASTURA

Las hipótesis estadísticas correspondientes son:

Hipótesis referidas al efecto principal del método de pastoreo:

$$H_0: MC = MR$$

$$H_a: MC \neq MR$$

Hipótesis referidas al efecto principal nivel de oferta de forraje:

$$H_0: OA = OB$$

$$H_a: OA \neq OB$$

Hipótesis referidas al efecto principal de la zona:

$$H_0: ZL = ZM = ZB$$

$$H_a: ZL \neq ZM \neq ZB$$

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:

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

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

4.4.2. MODELO ESTADÍSTICO ASOCIADO A LOS ANIMALES

Las hipótesis estadísticas correspondientes son:

Hipótesis referidas al efecto principal método de pastoreo:

$$H_0: MC = MR$$

$$H_a: MC \neq MR$$

Hipótesis referidas al efecto principal nivel de oferta de forraje:

$$H_0: OA = OB$$

$$H_a: OA \neq OB$$

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 el Anexo H, se encuentran las fuentes de variación y grados de libertad asociados al modelo estadístico relacionado al desempeño individual de los animales (kg PV/a/día).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

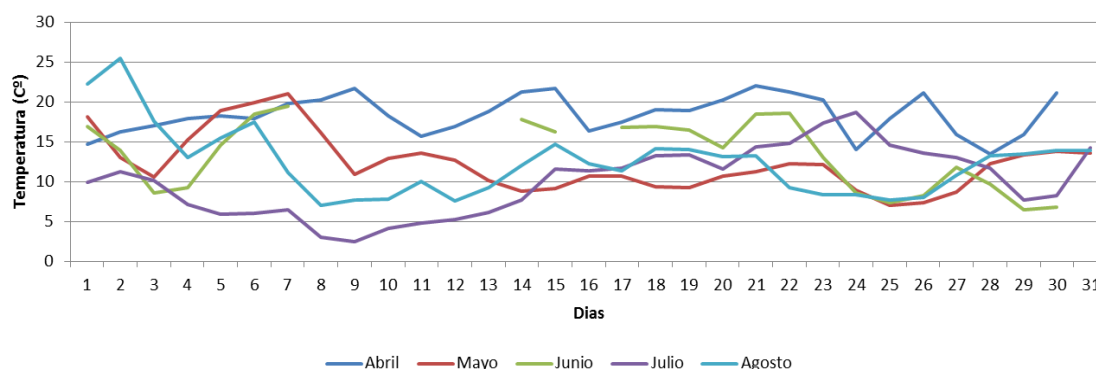
5.1.CONDICIONES CLIMÁTICAS

5.1.1. TEMPERATURA MEDIA DIARIA PARA EL PERIODO DE EVALUACIÓN

Se realizó un análisis de las condiciones climáticas tomando en cuenta las variables más influyentes en el experimento. A continuación, se muestran datos de las temperaturas medias diarias para el periodo evaluado los cuales fueron obtenidos de la estación meteorológica automática de EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 27 de febrero, 2025)

Figura 4

Temperaturas medias diarias del periodo evaluado desde abril hasta agosto



Nota. Construido a partir de datos de la Estación meteorológica EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 27 febrero, 2025). Como se ve en la gráfica hay faltante de datos de junio por problemas en la estación meteorológica.

Se observa que la mínima temperatura media se registró en el mes de julio, mientras que la máxima se presentó en el mes de abril. Además, se destaca que durante la primera quincena de cada mes se experimenta una mayor variabilidad, tanto en la temperatura correspondiente a cada mes como entre los diferentes meses, a diferencia de la última quincena, en la cual se evidencia una menor variabilidad.

5.1.2. OCURRENCIA DE HELADAS PARA EL PERIODO EVALUADO

Figura 5*Cantidad de heladas meteorológicas en 2024*

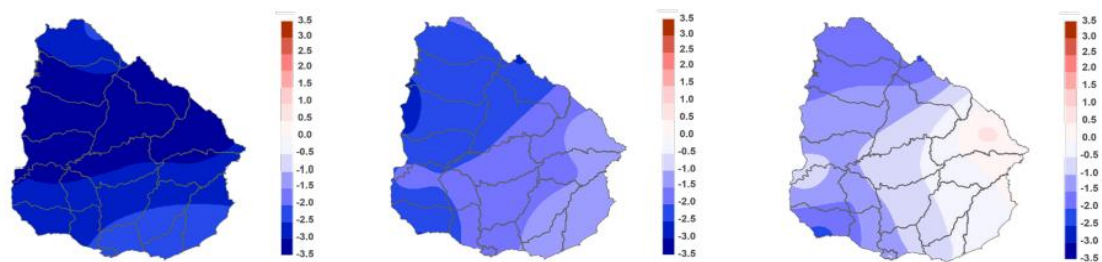
Nota. Figura tomada de INUMET (2024).

La Figura 5 muestra la cantidad de días con heladas meteorológicas registradas en el año 2024. Las barras celestes representan la cantidad de heladas registradas, mientras que los círculos negros representan la cantidad media climatológica y los asteriscos rojos la cantidad máxima climatológica, según período de referencia 1991-2020.

Durante el año 2024, la estación meteorológica de Paysandú registró un número de heladas meteorológicas superior al promedio climatológico histórico (1991–2020), posicionándose entre las estaciones del país que superaron su media anual. Aunque no se alcanzó el máximo histórico, la persistencia y frecuencia de heladas refleja una mayor exposición del departamento a condiciones frías durante el año, especialmente en los meses de invierno. Este comportamiento es coherente con el contexto general observado en la figura, donde se observa que en la mayoría de las estaciones del país las heladas fueron más frecuentes de lo habitual, en parte debido a eventos de frío prolongado como el registrado en julio.

Figura 6

Mapas de anomalías en la temperatura para el mes de mayo de 2024



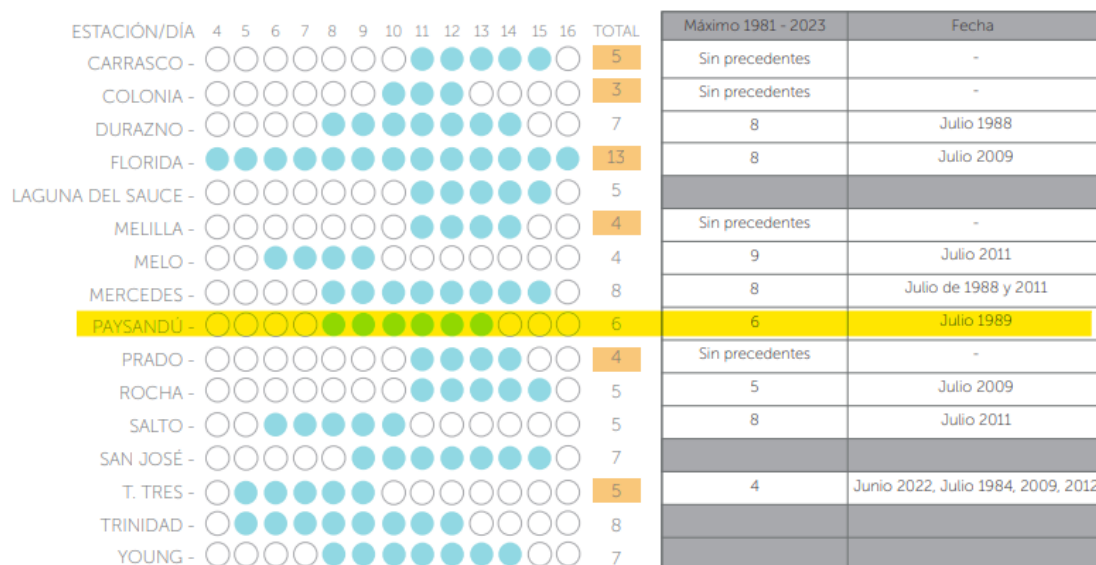
Nota. El mapa de temperatura máxima media (izquierda), de temperatura media (centro) y de temperatura mínima media (derecha). Figura tomada de INUMET (2024).

La Figura 6 muestra las anomalías térmicas a través de mapas en los que se representa gráficamente la diferencia entre la temperatura registrada en mayo de 2024 y la media climatológica del período 1981–2024. En estos mapas, los colores fríos (celestes y azules) indican temperaturas por debajo de lo normal, mientras que los colores cálidos (amarillos a rojos) señalan temperaturas por encima de lo normal. En el caso de Paysandú, el tono azul oscuro en el mapa correspondiente a la temperatura máxima media refleja una desviación negativa significativa, lo cual evidencia un mayo anormalmente frío para esa región del litoral oeste.

En el mes de mayo de 2024, la estación meteorológica de Paysandú presentó una anomalía de temperatura máxima media de -3.6°C , la más baja registrada a nivel país para ese mes. Este dato ubica a mayo como el segundo más frío del período 1981–2024 en cuanto a temperaturas máximas.

Figura 7

Días consecutivos con temperaturas mínimas menores a 0 °C en el 2024



Nota. Del lado izquierdo se muestran las rachas de julio del 2024, y del lado derecho las rachas máximas históricas en caso de ocurrencia de al menos tres días consecutivos.

Tomado de INUMET (2024).

Según los registros presentados (Tabla 7), Paysandú tuvo en julio una racha de 6 días consecutivos con temperaturas mínimas inferiores a 0 °C. Si bien este valor no supera el récord histórico departamental (que también es de 6 días en julio de 1988), representa una persistencia significativa de condiciones frías con posible impacto en la producción de forraje en las pasturas naturales.

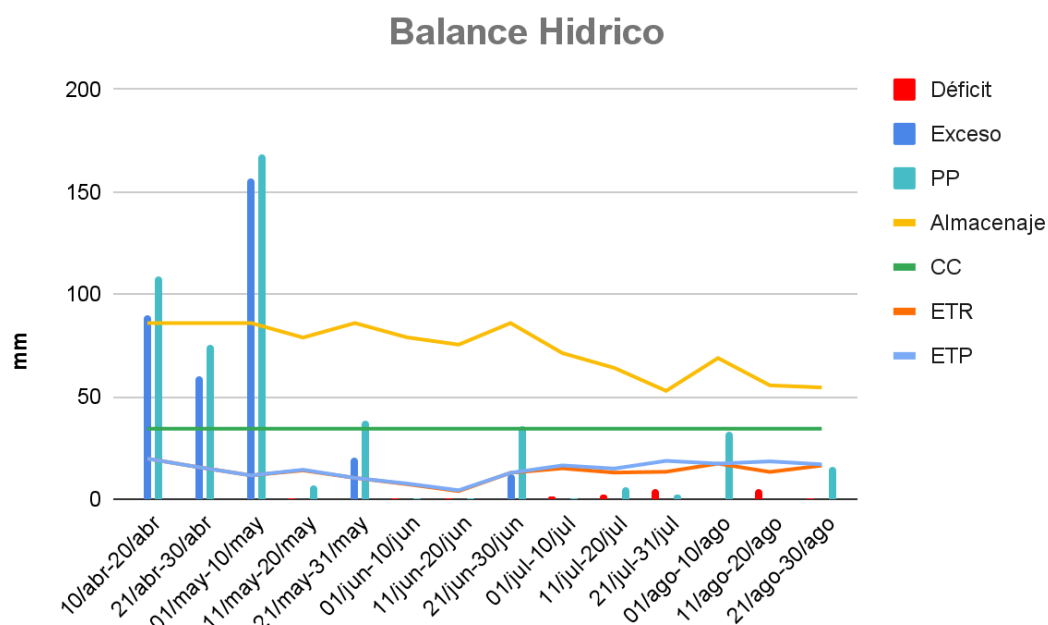
El 9 de julio, dentro del período de registro de la ola de frío, se observó en la Estación Meteorológica de Paysandú que la temperatura mínima alcanzó -5.2 °C, superando su mínimo histórico, para los meses de julio, de -3.0 °C, registrados el 30 de julio de 1990, el 24 de julio de 1992 y el 12 de julio de 2004.

En síntesis, el período de estudio se caracterizó por condiciones térmicas adversas, con temperaturas inferiores al promedio histórico y altas ocurrencia de heladas, factores que incidieron negativamente sobre las variables evaluadas.

5.1.3. BALANCE HÍDRICO

Figura 8

Balance Hídrico y nivel de almacenaje de agua, para los meses de abril hasta agosto



Nota. Construido a partir de datos de la Estación meteorológica EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 27 de febrero, 2025). CC: Capacidad de campo; ETR: Evapotranspiración real; ETP: Evapotranspiración potencial; PP: Precipitación

Durante el periodo evaluado, el almacenaje de agua en el suelo superó la capacidad de campo, representando un 40% del almacenamiento total. Para el cálculo del balance hídrico, se consideró a partir de la segunda decena de abril, ya que en estas fechas se registraron fenómenos de precipitación que contribuyeron a saturar el suelo con agua.

Se observó un déficit hídrico durante el mes de julio y en la segunda decena de agosto, momentos en los que las precipitaciones fueron inferiores a la evapotranspiración potencial (ETP), lo que provocó una disminución en el almacenaje del suelo, dificultando su capacidad para cubrir la demanda hídrica, por lo cual el suelo tuvo que ceder agua para cubrir dicha demanda.

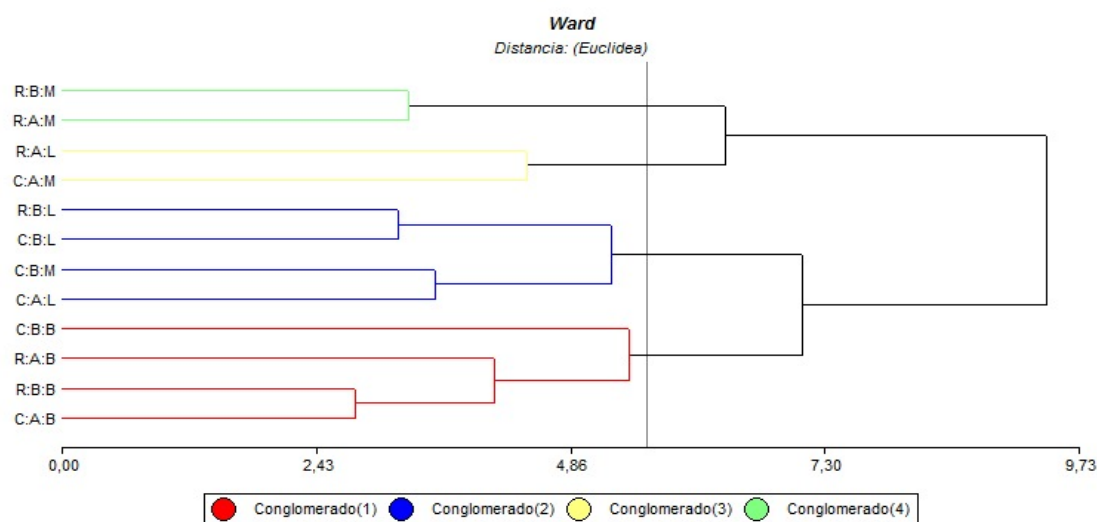
5.2.COMPOSICIÓN BOTÁNICA

5.2.1. ANÁLISIS DE LOS DENDOGRAMAS

Con el objetivo de tener un primer acercamiento para analizar y caracterizar cómo varía la presencia de los grupos funcionales en relación a la oferta, método de pastoreo y zona topográfica se decidió hacer un dendograma. 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 9

Dendograma sobre la composición de los grupos funcionales en otoño



Nota. Las letras que aparecen en el eje de las ordenadas, corresponden a las interacciones, la primera letra: Método de pastoreo, segunda letra: Oferta de forraje, tercer letra: zona. Ejemplo C:A:B: Continuo de oferta alta zona de bajo.

En la Figura 9 podemos ver la formación de cuatro conglomerados, lo que significa que todos los tratamientos que queden agrupados en un conglomerado presentan similar composición botánica. Por lo tanto, a continuación vamos a analizar qué factor o factores podría estar explicando la formación de cada conglomerado.

En el conglomerado 1 podemos ver que el factor que comparten todos los componentes es el de zona de bajo. Las especies que caracterizan a este conglomerado son la *Festuca arundinacea* con una materia seca presente de 291,70 kg MS/ha, especies perennes estivales finas que en este grupo principalmente estaría el *Paspalum dilatatum*

(180,42 kg MS/ha) y por último el grupo de las juncáceas y ciperáceas (163,93 kg MS/ha).

Por su parte, el conglomerado 2 está compuesto principalmente por tratamientos con métodos de pastoreo continuo, con ofertas bajas y en zonas de litosol. Las especies que predominan en este conglomerado son *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* (374,74 kg MS/ha) y *Axonopus affinis* junto a *Paspalum notatum* con 349,28 kg MS/ha.s

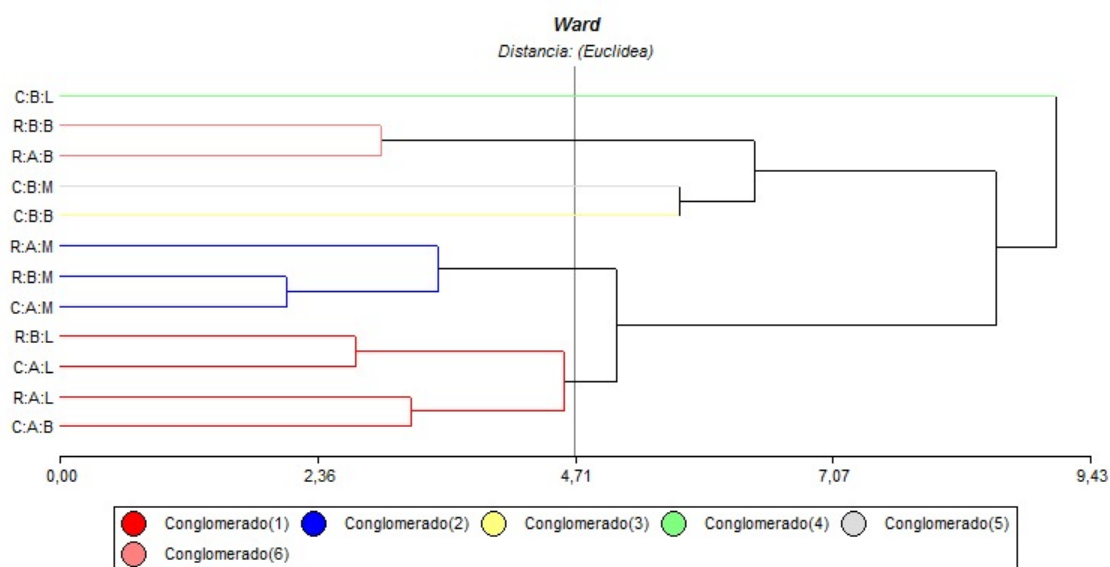
En el conglomerado 3 la única variable que comparten es la oferta de alta. Los grupos funcionales que presentan mayor importancia en este conglomerado son el grupo del *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* (401,24 kg MS/ha), el grupo de *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* (131,59 kg MS/ha) y aparece también con una importante participación la *Stipa setigera* con 95 kg MS/ha.

Por último, en el conglomerado 4 los factores que comparten los dos tratamientos son el método de pastoreo rotativo y la zona media. Las especies que predominan en este conglomerado son el *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* en primer lugar con 605 kg MS/ha, luego aparece la *Stipa setigera* con 204 kg MS/ha. También están presentes *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* (139,71 kg MS/ha) y el grupo de las ciperáceas y juncáceas (114,20 kg MS/ha) en menor medida.

Para el caso del invierno, se siguió el mismo procedimiento, dando como resultado la formación de seis conglomerados diferentes en la composición botánica en el invierno. A continuación analizaremos que variables generaron la formación de cada conglomerado y caracterizaremos cada uno de ellos. (Figura 10)

Figura 10

Dendrograma sobre la composición de los grupos funcionales en invierno



En el conglomerado 1 podemos ver que predominan los tratamientos con ofertas altas y en la zona de litosol. Las especies que predominan en este conglomerado son *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* (160,76 kg MS/ha), hierbas menores (108,63 kg MS/ha) y *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* (85,89 kg MS/ha).

En el conglomerado 2 todos los tratamientos que se agruparon en este conglomerado están presentes en la zona de medio. Se encuentra dominado por especies como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* (243,13 kg MS/ha), *Stipa setigera* (170,04 kg MS/ha) y el grupo de las ciperáceas y juncáceas con 96,59 kg MS/ha.

Tanto el conglomerado 3 como el 4 solo están formados por un tratamiento, esto quiere decir que estos dos tratamientos presentan una composición diferente a todos los otros tratamientos. En el conglomerado 3 en el cual forma parte la interacción método de pastoreo continuo, oferta baja y zona de bajo predominaron especies como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* (466,33 kg MS/ha), el grupo de las ciperáceas y juncáceas (355,18 kg MS/ha), el grupo de las especies perennes estivales finas en donde aparece principalmente el *Paspalum dilatatum* con 197,85 kg MS/ha. Y por último aparece una especie muy característica de las zonas de bajo como lo es la *Festuca arundinacea* con un 190,59 kg MS/ha.

En el conglomerado 4 en donde la única interacción que lo conforma presenta método de pastoreo continuo, oferta baja y está en zona de litosol. En este tratamiento se vieron favorecidas especies como *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* (658,88 kg MS/ha), *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* (244,55 kg MS/ha), *Stipa charruana* (152,89 kg MS/ha) y hierbas menores con 135,74 kg MS/ha.

Por otro lado, el conglomerado 5 está conformado únicamente por interacción método de pastoreo continuo, oferta baja y en la zona de medio. En este conglomerado dominaron especies como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* (712,62 kg MS/ha), *Paspalum quadrifarium* (226,87 kg MS/ha) y el grupo de las ciperáceas y juncáceas con 138,27 kg MS/ha.

Por último, el conglomerado 6 agrupa dos tratamientos con pastoreo rotativo y en la zona de bajo, presento una composición botánica la cual se separó de resto de los tratamientos. En este conglomerado se vio mayoritariamente las especies como *Festuca arundinacea* (447,46 kg MS/ha), ciperáceas y juncáceas (218,26 kg MS/ha) y *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* en menor medida con 137,05 kg MS/ha.

5.2.1.1. CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE LOS DENDOGRAMAS

Sabemos que las dos variables principales en estudio influyeron en la formación de los conglomerados; sin embargo, la clasificación de la zona presento un mayor peso en la agrupación de las interacciones.

Axonopus affinis y *Paspalum notatum* fueron los grupos funcionales más frecuentes, dominando en la mayoría de los tratamientos, independientemente de la estación o manejo, aunque su mayor biomasa se observó con ofertas bajas y pastoreo continuo. El hábito de crecimiento rizomatoso-estolonífero de estas especies, genera que tengan la capacidad de colonizar múltiples ambientes de forma muy eficiente, hasta el punto de realizar casi una ocupación exclusiva del suelo (Milot et al., 1987).

También fueron recurrentes especies como *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon*, con mayor presencia en tratamientos de zona de litosol, asociados principalmente a pastoreo continuo y ofertas bajas. Según Rosengurtt et al. (1960), estas especies se distinguen por su notable capacidad de adaptación y supervivencia en una amplia variedad de ambientes, incluyendo aquellos considerados adversos o contrastantes. Son capaces de colonizar y establecerse tanto en condiciones de marcado déficit hídrico y suelos pobres o calizos, como en sitios con encharcamientos

temporales. Esta notable plasticidad ecológica se explica por una combinación de estrategias: alta capacidad de propagación vegetativa y reproductiva, presencia de órganos de reserva tanto subterráneos (rizomas) como aéreos (estolones), tolerancia a distintos tipos de suelo (ácidos, alcalinos, sueltos o compactados), amplio rango térmico de crecimiento, mayor eficiencia en el uso del agua y producción de sustancias alelopáticas que limitan el desarrollo de otras especies (Ríos & Giménez, 1990).

Festuca arundinacea fue una especie claramente vinculada a la zona de bajo, actuando como especie indicadora de suelos húmedos, donde también se destacaron las ciperáceas y juncáceas y el *Paspalum dilatatum*. Lo cual coincide con Bemhaja y Berretta (2006) que establecen que la presencia de cyperaceas y juncáceas es usual en aquellas comunidades que se desarrollan sobre suelos Planosoles o Gleysoles, entre otros tipos de suelos.

En la zona media, se observaron especies como *Paspalum quadrifarium* y *Stipa setigera*, las cuales también se asociaron a tratamientos con pastoreo rotativo y mayores ofertas.

Por último, especies como *Stipa charruana* e hierbas menores se destacaron en tratamientos puntuales, particularmente bajo condiciones de litosol con baja oferta. Lo cual coincide con Lezama et al. (2006), que demuestra que *Stipa charruana* se asocia a llanuras, planicies, concavidades en posiciones altas y zonas con adecuado drenaje. Por su parte, las hierbas enanas es lógico que aparezcan en estas situaciones debido a que este grupo está asociado a situaciones de sobrepastoreo y suelos degradados (Boggiano et al., 2005; Millot et al., 1987). Lo cual es probable que pase esta situación en una zona de litosol y con una oferta baja.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Berretta (2005), Millot (1991) y Boggiano et al. (2005), quienes destacan que el pastoreo rotativo tiende a favorecer el desarrollo de especies de crecimiento cespitoso, mientras que el pastoreo continuo promueve especies estoloníferas y postradas. En esta línea, se observó que en ambas ofertas bajo el sistema rotativo se registra una mayor presencia de anuales invernales finas, como *Lolium multiflorum*, y de *Stipa charruana*, ambas con hábito de crecimiento cespitoso.

5.2.2. ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES VEGETALES MEDIANTE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA

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. Se va a presentar un análisis por cada estación en estudio. En los anexos E y F se presenta una tabla con los resultados de significancia para la biomasa presente de cada grupo botanal para cada variable o interacción.

5.2.3. ANÁLISIS DE LOS ANAVA

5.2.3.1. EFECTO DE LA ZONA TOPOGRÁFICA SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Tabla 1

Efecto de la zona sobre la biomasa (kg/ha) presente de los grupos botanales en otoño

Grupos Botanales	Zona	MS kg/ha
<i>Festuca arundinacea</i>	Bajo	291 a
	Medio	13 b
	Litosol	0 b
<i>Axonopus affinis</i> y <i>Paspalum notatum</i>	Medio	536 a
	Litosol	316 ab
	Bajo	198 b
Perennes estivales finas (<i>Paspalum dilatatum</i>)	Bajo	180 a
	Medio	15 b
	Litosol	8 b

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

Tabla 2*Efecto de la zona sobre la biomasa (kg/ha) presente de los grupos botanales en invierno*

Grupos Botanales	Zona	MS kg/ha
<i>Bouteloua megapotamica</i> y <i>Cynodon dactylon</i>	Litosol	178 a
	Medio	25 b
	Bajo	10 b
<i>Festuca arundinacea</i>	Bajo	305 a
	Medio	21 b
	Litosol	0 b
<i>Stipa setigera</i>	Medio	144 a
	Bajo	57 b
	Litosol	56 b
Ciperaceas y Juncaceas	Bajo	207 a
	Medio	107 ab
	Litosol	46 b

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

Tanto en la tabla 1 (otoño) como en la tabla 2 (invierno), se muestran solo algunos de todos los grupos botanales que en los cuales se vieron diferencias significativas para esta variable (zona topográfica).

Festuca arundinacea fue una de las especies más marcadamente asociadas a la zona de bajo, tanto en otoño como en invierno. Su contribución superó los 290 kg MS/ha en ambas estaciones, mientras que en las zonas media y de litosol su presencia fue prácticamente nula. Esta especie es reconocida por su tolerancia a condiciones de exceso hídrico, suelos pesados y encharcables (Rosengurtt et al., 1960), lo cual explica su exclusividad en ambientes bajos. Su alta producción sugiere una buena capacidad de competencia en situaciones de humedad elevada.

Ciperáceas y juncáceas, otro grupo funcional adaptado a zonas húmedas, también mostraron su mayor desarrollo en la zona de bajo, especialmente durante el invierno (207 kg MS/ha). Estas especies, frecuentemente consideradas indicadoras de ambientes hidromórficos, redujeron su presencia hacia zonas más altas o de menor humedad, como litosol, donde apenas alcanzaron los 46 kg MS/ha. Su comportamiento confirma su afinidad por suelos con acumulación de agua y mal drenaje.

Paspalum dilatatum, clasificado dentro del grupo de las perennes estivales finas, fue especialmente representativo en la zona de bajo durante el otoño (180 kg MS/ha) mostrando, su preferencia por ambientes húmedos, pero bien aireados, y su alta capacidad de competir en suelos con buena fertilidad (Boggiano et al., 2005). Su casi nula producción en litosol (8 kg MS/ha) comprueba una baja tolerancia a suelos someros y secos.

Axonopus affinis y *Paspalum notatum* alcanzaron su mayor producción en la zona media durante el otoño (536 kg MS/ha) y mantuvieron una alta presencia también en litosol (316 kg MS/ha), lo cual demuestra su plasticidad fenotípica. Estas especies son consideradas rústicas y adaptables, con buen comportamiento tanto en suelos moderadamente fértiles como en aquellos de menor profundidad (Rosengurtt et al., 1960). Sin embargo, en la zona de bajo, donde predominan condiciones más húmedas, su producción fue menor (198 kg MS/ha), posiblemente por ser malas competidoras por luz.

Stipa setigera, se destacó principalmente en la zona media durante el invierno (144 kg MS/ha). Millot et al. (2003), en un estudio desarrollado en el mismo sitio

experimental que el presente trabajo, identificaron a *Stipa setigera* como una de las especies más frecuentes dentro de las comunidades vegetales que se desarrollan en áreas de suelo profundo. Resultados similares fueron obtenidos por Pelocche (2012), quien también encontró que esta especie estaba asociada a las zonas de ladera. Su crecimiento fue significativamente menor en zonas de bajo y litosol, según Berretta (2005) señala que esta especie responde favorablemente a condiciones intermedias de manejo y ambiente, lo cual se corrobora con los datos obtenidos.

Bouteloua megapotamica y *Cynodon dactylon* fueron dominantes en la zona de litosol (178 kg MS/ha). Ambas especies comparten una elevada tolerancia al estrés hídrico, a suelos poco profundos y con baja fertilidad (Ríos & Giménez, 1990). Su alta representación en esta zona confirma su rol como especies colonizadoras de ambientes restrictivos y marginales para el crecimiento de especies más exigentes.

5.2.3.2. EFECTO DEL MÉTODO DE PASTOREO SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Tabla 3

Efecto del método de pastoreo sobre la biomasa (kg/ha) presente en invierno

Grupos Botanales	Método	MS kg/ha
<i>Axonopus affinis</i> y <i>Paspalum notatum</i>	Continuo	299 a
	Rotativo	163 b
<i>Festuca arundinacea</i>	Rotativo	150 a
	Continuo	68 b
<i>Stipa setigera</i>	Rotativo	118 a
	Continuo	53 b

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

En relación con el grupo compuesto por *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, se observó una mayor producción de biomasa invernal bajo el método de pastoreo continuo (299 kg MS/ha) en comparación con el pastoreo rotativo (163 kg MS/ha). Este resultado puede estar relacionado con la adaptación de estas especies a ambientes perturbados o con alta frecuencia de pastoreo. Según Millot (1991), las especies de pastos estivales como *Paspalum notatum* tienden a beneficiarse de condiciones de manejo que mantienen un dosel abierto y permiten la entrada de luz, lo cual es favorecido por el pastoreo continuo. Además, su hábito de crecimiento rastrero les permite regenerarse rápidamente después del consumo.

En el caso de *Festuca arundinacea*, la biomasa fue mayor bajo pastoreo rotativo (150 kg MS/ha) que bajo pastoreo continuo (68 kg MS/ha). Para Favaro y de Mattos (2019) la especie *Festuca arundinacea*, presentan una mejor respuesta productiva cuando se les otorgan periodos de descanso entre defoliaciones. El pastoreo rotativo favorece la recuperación foliar y radicular, permitiendo una mayor acumulación de biomasa. Además, esta especie es menos tolerante a la defoliación continua, lo que explicaría su menor rendimiento en ese sistema.

Respecto a *Stipa setigera*, también se encontró una mayor biomasa bajo el sistema rotativo (118 kg MS/ha) en comparación con el continuo (53 kg MS/ha). Esta especie, característica de ambientes semiáridos y de ladera (Millot et al., 2003), ha sido descrita como sensible a la defoliación intensa y frecuente. El pastoreo rotativo reduce el estrés sobre estas gramíneas al permitirles mayores lapsos de recuperación, favoreciendo su persistencia y productividad.

5.2.3.3. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Tabla 4

Efecto de la oferta de forraje sobre la biomasa (kg/ha) presente en invierno

Grupos Botanales	Oferta	MS kg/ha
<i>Axonopus affinis</i> y <i>Paspalum notatum</i>	Baja	362 a
	Alta	100 b
<i>Bouteloua megapotamica</i> y <i>Cynodon dactylon</i>	Baja	90 a
	Alta	52 b

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

La oferta de forraje tuvo un efecto significativo sobre la biomasa invernal de los grupos botanales compuestos por *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, así como por *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon*, registrándose en ambos casos mayores valores de biomasa bajo condiciones de baja oferta (362 y 90 kg MS/ha, respectivamente) en comparación con la alta oferta (100 y 52 kg MS/ha). Este patrón puede atribuirse a la mayor presión de pastoreo que ocurre cuando la oferta de forraje es limitada, lo cual genera un ambiente más favorable para especies con alta tolerancia a la defoliación. Según Millot (1991), las especies rastreras o estoloníferas como *Cynodon dactylon* y *Paspalum notatum* poseen adaptaciones morfofisiológicas que les permiten persistir y regenerarse rápidamente bajo pastoreo intenso, manteniendo su cobertura y productividad incluso en condiciones restrictivas. Para Rosengurtt (1943) los ambientes con presión constante de pastoreo, estas especies tienden a dominar debido a su capacidad de rebrote y su estrategia de crecimiento prostrado, mientras que en situaciones de alta oferta, la competencia con especies de mayor tamaño puede limitar su desarrollo.

5.2.3.4. EFECTO DE LA INTERACCIÓN MÉTODO X ZONA SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Tabla 5

Efecto de la interacción método x zona sobre la biomasa (kg/ha) presente en otoño

Grupos Botanales	Método	Zona	MS kg/ha
Ciperaceas y Juncaceas	Continuo	Bajo	277 a
	Rotativo	Bajo	114 ab
	Continuo	Media	92 ab
	Rotativo	Media	51 b
	Continuo	Litosol	35 b
	Rotativo	Litosol	14 b

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

Durante el otoño, el grupo de *Ciperáceas* y *Juncáceas* presentó su mayor contribución de biomasa en la zona baja bajo pastoreo continuo (277 kg MS/ha), mientras que los valores decrecieron notablemente en zonas de media pendiente y litosoles, especialmente bajo pastoreo rotativo (51 y 14 kg MS/ha, respectivamente). Esta tendencia indica que estas especies, características de ambientes húmedos y con mejores condiciones edáficas, responden positivamente a sistemas continuos en zonas donde la oferta hídrica y la profundidad del suelo son mayores. En cambio, su productividad disminuye considerablemente en suelos someros o con menor retención de agua, sin importar el tipo de manejo, lo que refleja una fuerte dependencia de las zonas topográficas más que del método de pastoreo.

Tabla 6*Efecto de la interacción método x zona sobre la biomasa (kg/ha) presente en invierno*

Grupos Botanales	Método	Zona	MS kg/ha
<i>Festuca arundinacea</i>	Rotativo	Bajo	277 a
	Continuo	Bajo	228 ab
	Rotativo	Media	42 bc
	Continuo	Media	0 c
	Rotativo	Litosol	0 c
	Continuo	Litosol	0 c
<i>Stipa setigera</i>	Rotativo	Media	217 a
	Rotativo	Media	76 b
	Continuo	Litosol	72 b
	Rotativo	Baja	62 b
	Continuo	Baja	52 b
	Continuo	Litosol	37 b

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

Como se puede observar en la Tabla 6, las dos especies presentes se ven más afectadas por la variable zona topográfica en comparación al método de pastoreo. Sin embargo, hay una tendencia a que a ser favorecidas por métodos de pastoreo rotativo debido a su hábito de crecimiento cespitoso. También podemos ver cómo fue nombrado

anteriormente la prioridad de *Festuca arundinacea* por la zona de bajo y la especie *Stipa setigera* por la zona media.

5.2.3.5. EFECTO DE LA INTERACCIÓN OFERTA DE FORRAJE X ZONA SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Tabla 7

Efecto de la interacción oferta x zona sobre la biomasa (kg/ha) presente en otoño

Grupos Botanales	Oferta	Zona	MS kg/ha
<i>Bouteloua megapotamica</i> y <i>Cynodon dactylon</i>	Baja	Litosol	538 a
	Alta	Litosol	413 ab
	Alta	Bajo	221 ab
	Alta	Media	160 b
	Baja	Bajo	113 b
	Baja	Media	103 b
Perennes finas (estivales <i>Paspalum dilatatum</i>)	Alta	Bajo	224 a
	Baja	Bajo	138 a
	Baja	Media	30 b
	Baja	Litosol	17 b
	Alta	Media	0 b
	Alta	Litosol	0 b

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

Para el grupo botanal *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* los mayores valores de biomasa se registraron en zonas de litosol con baja oferta (538 kg MS/ha), seguidos por la misma zona con alta oferta (413 kg MS/ha). Esto sigue afirmando lo que

fue mencionado anteriormente sobre la alta capacidad de estas especies en competir en zonas con recursos limitados.

Por otro lado, las perennes estivales finas como *Paspalum dilatatum* alcanzaron su mayor contribución en zonas bajas con alta (224 kg MS/ha) y baja oferta (138 kg MS/ha), mientras que en zonas medias y litosoles, independientemente de la oferta, su biomasa fue significativamente menor (0–30 kg MS/ha). Esta especie, más exigente en condiciones de suelo y humedad, responde positivamente a ambientes con mejor disponibilidad de recursos, como las zonas bajas. Berretta (2005) destacan que especies de ciclo estival con alta calidad forrajera, como *Paspalum dilatatum*, requieren suelos profundos y fértiles, y no toleran condiciones edáficas restrictivas, lo demuestra la baja presencia en zonas medias y litosoles.

5.3. ALTURA DE LA PASTURA

5.3.1. ALTURA DE LA PASTURA EN TODO EL PERIODO EVALUADO

En relación con la altura de la pastura considerando la totalidad del periodo evaluado, se observó que esta variable presentó diferencias significativas según el método, la oferta de forraje, la zona de estudio y la interacción método x oferta (Anexo G).

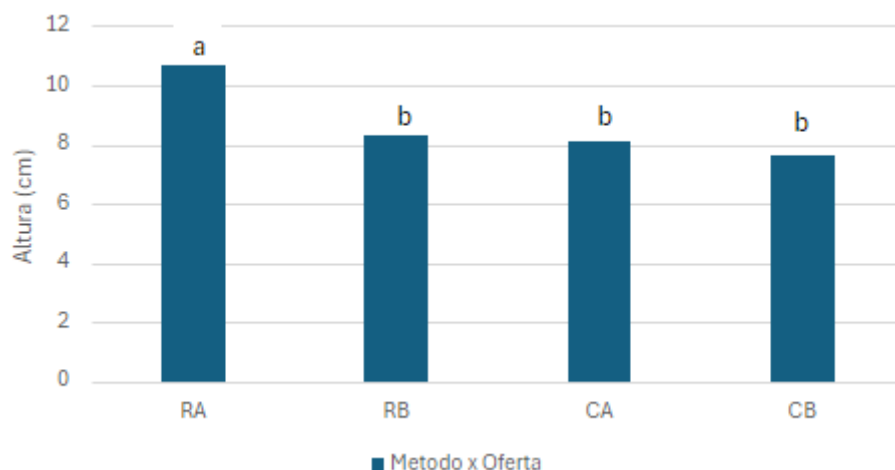
En relación con la interacción entre el método y la oferta de forraje, se observó que el método rotativo con alta disponibilidad de forraje presentó una altura media de 10,6 cm durante el periodo evaluado, siendo la más elevada entre los tratamientos analizados. Además, este tratamiento mostró diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos. Con respecto a los demás tratamientos las alturas promedio registradas fueron de 8,3 cm en Rotativo Baja, 8,1 cm en Continuo Alta y 7,6 cm en Continuo Baja, respectivamente, los cuales no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Se observa una tendencia en relación con la oferta de forraje, donde, en ambos métodos, las ofertas altas presentan una mayor altura. Esto podría explicarse por la menor presión de pastoreo, que reduce la defoliación del tapiz vegetal. No obstante, en cuanto a significancia estadística, los tratamientos continuos, independientemente de la oferta, no muestran diferencias significativas, lo que podría atribuirse a la presencia permanente de los animales en el área de pastoreo, lo cual conlleva a una frecuencia mayor de pastoreo y una menor intensidad de defoliación resultando una menor masa de

forraje, con una mayor densidad de macollos pequeños (Brizuela & Cibils, 2011), y/o tipos vegetativos de menor porte y/o postrados (Formoso, 2005).

Figura 11

Efecto de la interacción método x oferta en la altura para todo el periodo

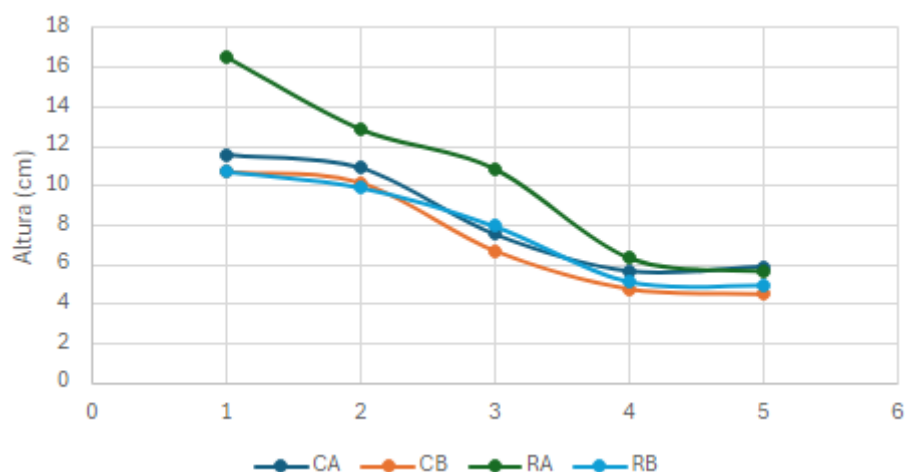


Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1). RA: Rotativo Alta; RB: Rotativo Baja; CA: Continuo Alta; CB: Continuo Baja.

5.3.1.1. EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE LA PASTURA PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS, SEGÚN LOS SUBPERIODOS

Figura 12

Evolución de la altura (cm) según los subperiodos evaluados



Nota. CA: Continuo Alta; CB: Continuo Baja; RA: Rotativo Alta; RB: Rotativo Baja. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto.

El tratamiento RA presentó en general mayores alturas de pastura a lo largo del período evaluado, diferenciándose significativamente del tratamiento RB, lo cual evidencia un efecto asociado a la oferta de forraje (Figura 12). En el caso del método continuo, no se registraron diferencias marcadas entre niveles de oferta, aunque se verificó una leve superioridad en altura para la condición de alta oferta.

Cabe destacar que el tratamiento RA mostró una disminución más abrupta en la altura en comparación con los demás tratamientos, los cuales experimentaron descensos más progresivos. Al inicio del período, todos los tratamientos presentaban alturas relativamente elevadas; sin embargo, conforme se avanzó hacia el invierno, se observó una reducción generalizada atribuible a las bajas temperaturas y a la ocurrencia de heladas, factores que afectaron negativamente el crecimiento vegetal. Esta situación condujo a una homogenización en las alturas al final del período experimental, con diferencias mínimas entre tratamientos, lo que sugiere que los efectos del manejo no lograron contrarrestar la influencia determinante de las condiciones climáticas adversas.

5.3.2. ALTURAS DE LA PASTURA SEGÚN LOS SUBPERIODOS

5.3.2.1. INTERACCIÓN MÉTODO X OFERTA

En relación con la interacción entre el método de pastoreo y la oferta de forraje, se observa que, independientemente del tratamiento utilizado, la altura de la pastura disminuye progresivamente a medida que se avanza hacia la estación de invierno (Figura 13). Este fenómeno se explica por el descenso de las temperaturas y la ocurrencia de heladas, factores que afectan el crecimiento vegetal. Asimismo, dicha reducción se refleja en la tasa de crecimiento, la cual muestra una tendencia similar en términos de valores absolutos.

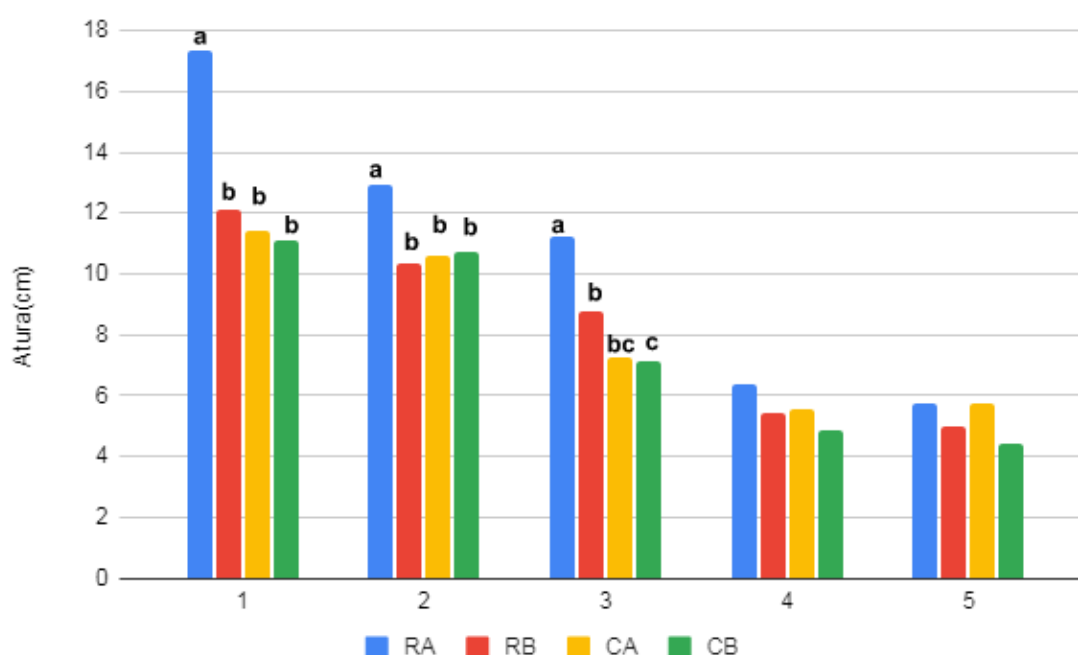
En los periodos 1, 2 y 3 se observaron diferencias significativas en relación con esta interacción, donde el tratamiento rotativo con alta oferta de forraje (RA) presentó la mayor altura en comparación con los demás tratamientos, diferenciándose significativamente. Este resultado se atribuye a los periodos de descanso, los cuales favorecen la recuperación del tejido fotosintético activo de la pastura lo cual concuerda con Berretta (2005), a su vez también presenta un efecto la alta oferta lo cual esta explicado por la mayor área foliar remante consecuencia de la menor presión de pastoreo (Nabinger, 1998), que a su vez una menor intensidad de defoliación permite un mayor tamaño de hoja y un mayor IAF del dosel (Nabinger & Carvalho, 2009). Por otro

lado, los tratamientos rotativos con baja oferta (RB), continuo con alta oferta (CA) y continuo con baja oferta (CB) no mostraron diferencias significativas en los periodos 1 y 2. En el caso del pastoreo continuo, independientemente de la oferta utilizada, la presencia permanente de los animales en la zona de pastoreo impide la recuperación prolongada de la pastura al no permitir intervalos de descanso.

En el periodo 3, se observó una diferencia significativa entre el tratamiento rotativo de baja oferta de forraje y el tratamiento continuo con baja oferta, evidenciando un efecto del método de pastoreo. Esta diferencia se atribuye al periodo de descanso en el sistema rotativo, el cual facilita una mayor recuperación del forraje y permite una regeneración más efectiva del tapiz vegetal.

Figura 13

Altura (cm) del forraje según la interacción método x oferta para cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1). RA: Rotativo Alta; RB: Rotativo Baja; CA: Continuo Alta; CB: Continuo Baja. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto.

5.3.2.2. INTERACCIÓN OFERTA X ZONA

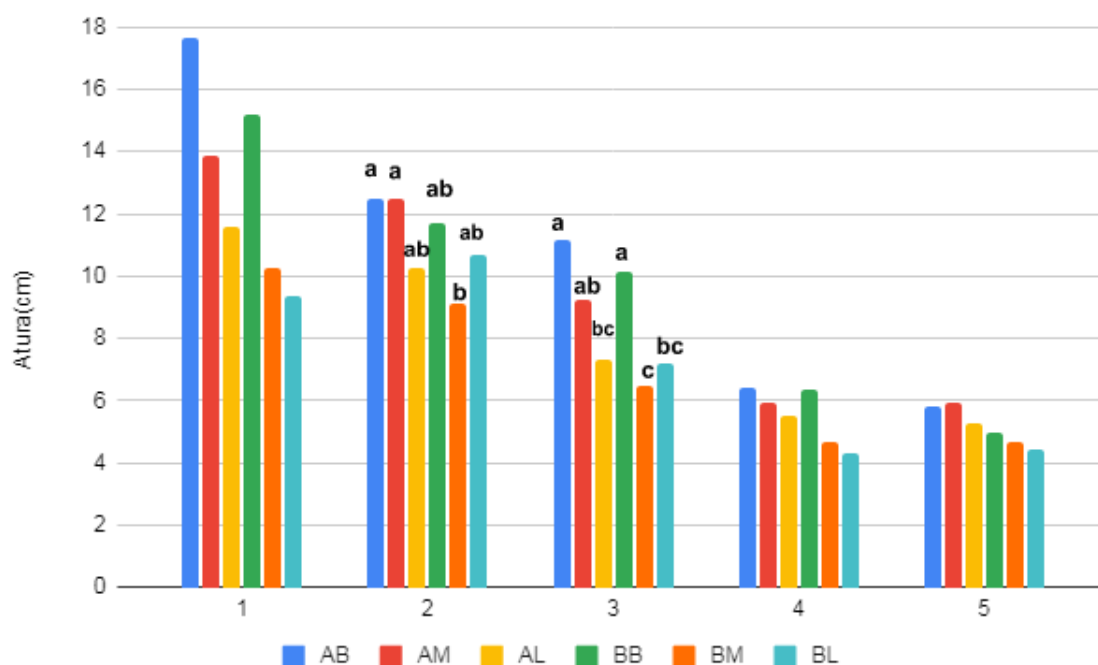
Como se puede observar en la figura 14 con respecto a la interacción oferta x zona, existe significancia para el periodo 2 y 3.

En el periodo 2, se observa que, tanto en la zona de bajo como en la zona de litosol, no existen diferencias significativas en cuanto al nivel de oferta de forraje ni en la interacción con la zona. Sin embargo, en promedio, la zona de bajo presenta una mayor altura en comparación con la zona de litosol, lo cual está explicado por las condiciones edáficas y climáticas las cuales afectan la cobertura vegetal, en composición florística y hábitos fisiológicos y ecológicos (Milot et al., 1987). Por otro lado, en la zona media, se evidencia una diferencia significativa, donde la oferta alta de forraje muestra una mayor altura respecto a la oferta baja.

En el periodo 3, no se observa un efecto de la oferta de forraje en la zona de bajo ni en la zona de litosol, ya que no presentan diferencias significativas. No obstante, sí se aprecia un efecto de la zona, pues la zona de bajo se diferencia significativamente de la zona de litosol, registrando una mayor altura promedio. En la zona media, en cambio, la oferta de forraje sí influye, ya que la oferta alta muestra una altura significativamente mayor en comparación con la oferta baja.

Figura 14

Altura (cm) de la pastura según la interacción oferta x zona, para cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1). AB: Alta Bajo; AM: Alta Media; AL: Alta Litosol; BB: Baja Bajo; BM: Baja Medio; BL: Baja Litosol. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto.

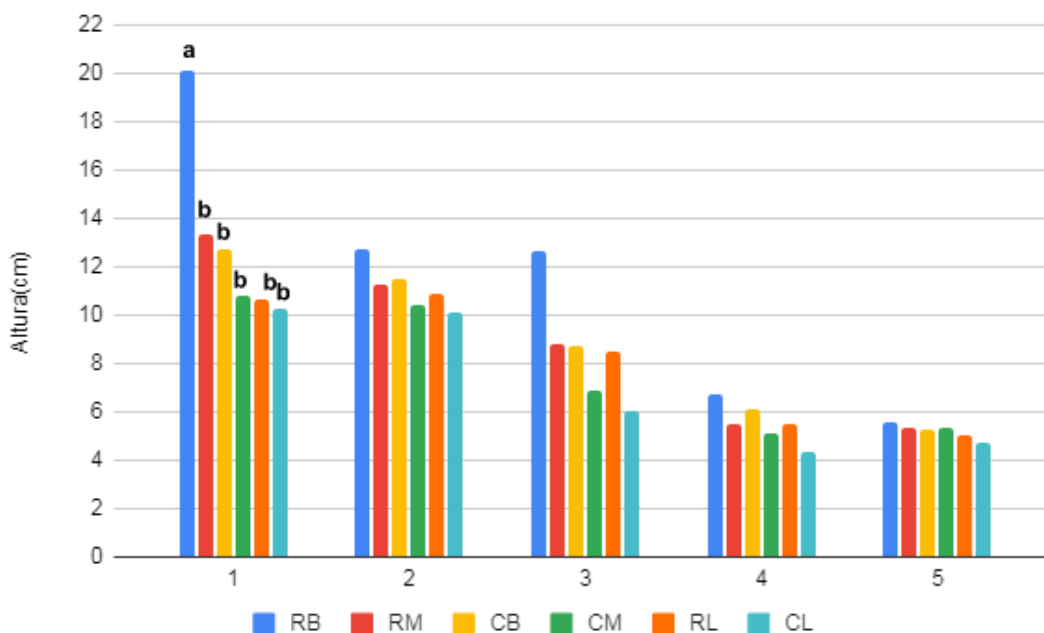
5.3.2.3. INTERACCIÓN MÉTODO X ZONA

Para esta interacción solo mostro significancia el periodo 1, en el cual se puede observar que el RB es el que presenta la mayor altura y diferenciándose significativamente del resto, lo cual se observa un efecto del método lo cual proporciona periodos de descanso de la pastura lo cual permite un mejor recuperación del tejido fotosintético, además de las influencia de la zona de bajo, la cual dadas las condiciones edáficas presentes se caracteriza por presentar en su mayoría especies de habito de crecimiento cespitoso. En cuanto a los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas.

También se ha de recalcar la evolución de las alturas en el transcurso del periodo evaluado, demarcándose mayores diferencias al principio del periodo, mientras que a finales del periodo se puede observar una homogenización de los tratamientos entre sí, resultado de las condiciones adversas correspondientes a las bajas temperatura y presencia de heladas.

Figura 15

Altura (cm) del forraje según la interacción método x zona para cada subperiodo



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1). RB: Rotativo Bajo; RM: Rotativo Medio; RL: Rotativo Litosol; CB: Continuo Bajo; CM: Continuo Medio; CL: Continuo Litosol. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto.

5.4.MATERIA SECA DISPONIBLE

5.4.1. MATERIA SECA DISPONIBLE EN LA TOTALIDAD DEL PERIODO EVALUADO

Como se puede ver en Anexo H todas las variables independientes evaluadas mostraron significancia. En contraste, las interacciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Con respecto al método de pastoreo se puede observar que el método rotativo presenta una mayor disponibilidad comparado con el método continuo, lo cual es resultado de los periodos de descansos (Berretta, 2005), lo cual permite un mayor tiempo de recuperación de la planta, permitiendo mantener una mayor actividad fotosintética.

Tabla 8

Disponibilidad (kg MS/ha) de MS para el periodo evaluado según el método de pastoreo

Método de pastoreo	Disponibilidad de MS(kg/ha)
Rotativo	1560 a
Continuo	1314 b

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

Con respecto a la oferta de forraje, se puede apreciar que una alta OF provee de una mayor disponibilidad de forraje, resultado de la menor presión de pastoreo, permitiendo mantener una mayor masa de forraje y tejido fotosintético. A medida que se genera un aumento en la oferta forrajera, la producción primaria aumenta, este aumento es resultado de una mayor área foliar remanente fotosintéticamente activa (Moojen & Maraschin, 2002).

Tabla 9

Disponibilidad (kg MS/ha) de MS para el periodo evaluado según la oferta de forraje

Oferta de forraje	Disponibilidad de MS(kg/ha)
Alta	1518 a
Baja	1355 b

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

En cuanto a las zonas evaluadas, se puede apreciar diferencias significativas en cuanto a la zona de bajo y litosol, siendo esta primera la que presenta una mayor disponibilidad de forraje. Esto está asociado a las condiciones edáficas ya que zonas como laderas puede llegar a generar un stress energético a la planta que la predispone en mayor medida a las condiciones ambientales y puede condicionar su sobrevivencia (Boggiano et al., 2005), perjudicando la disponibilidad de forraje y también a la composición de especies ya que en la zona de litosol predominan especies como son el *Paspalum. notatum* y *Boutelova megapotamica* las cuales rente al pastoreo tiene una mayor adaptabilidad, disponiéndose con un hábito más postrando, y en las zonas de bajo se presentan una mayor cantidad de especies de habito cespitoso con mayor tejido fotosintético mejorando la disponibilidad de forraje combinado con las mejores condiciones edáficas.

Tabla 10

Disponibilidad (kg MS/ha) de MS para el periodo evaluado según la zona

Zona	Disponibilidad (kg/ha)
Bajo	1556 a
Medio	1419 ab
Litosol	1336 b

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

5.4.2. MATERIA SECA DISPONIBLE SEGÚN LOS SUBPERIODOS EVALUADOS.

5.4.2.1. INTERACCIÓN MÉTODO X OFERTA

Se puede observar Figura 16 que tanto para el periodo 1, 2 y 5 se observaron diferencias significativas.

Durante el período 1 se observó un efecto significativo de la oferta, destacándose el tratamiento RA (rotativo con alta oferta) como el que presentó mayor disponibilidad de forraje en comparación con el tratamiento RB (rotativo con baja oferta). Asimismo, se detectaron diferencias atribuibles al método de pastoreo, ya que, bajo condiciones de alta oferta, el sistema rotativo mostró una mayor disponibilidad que el sistema continuo.

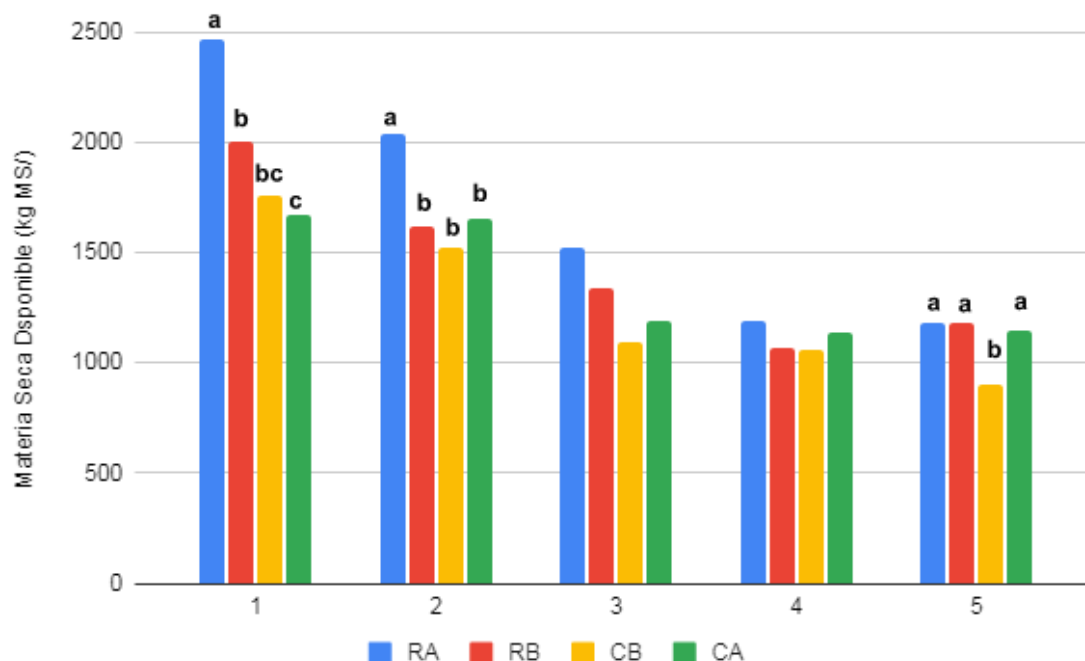
Esta mayor disponibilidad registrada en el tratamiento RA, tendencia que se mantuvo a lo largo de la mayoría de los subperíodos evaluados, puede atribuirse a los períodos de descanso que permite el método rotativo, favoreciendo la recuperación del tejido fotosintético activo. Además, la oferta alta conlleva una menor presión de pastoreo, lo que contribuye a conservar una mayor masa vegetal disponible. Estos resultados coinciden con lo reportado por Formoso y Gaggero (1990), quienes señalaron que el pastoreo rotativo promueve una mayor producción de forraje. Por su parte, Moojen y Maraschin (2002) demostraron que el incremento en la oferta de forraje en el rango de 4 a 12% se asocia positivamente con el aumento en la tasa de crecimiento, lo que respalda la mayor disponibilidad observada en la interacción del método rotativo con alta oferta.

Con respecto al periodo 2, se observa una igual tendencia que el periodo 1, mostrando una mayor disponibilidad para el tratamiento de RA y con diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos los cuales no presentan diferencias entre sí.

Con respecto al periodo 5, se observa que existen diferencias significativas entre el CB que presenta la menor disponibilidad y el resto de los tratamientos. Como se puede observar a media que nos entramos en la estación invierno, donde se generan una menor tasa de crecimiento y una mayor presencia de heladas se aprecia una homogenización de los tratamientos.

Figura 16

Efecto de la interacción método x oferta según la disponibilidad (kg/ha) de MS



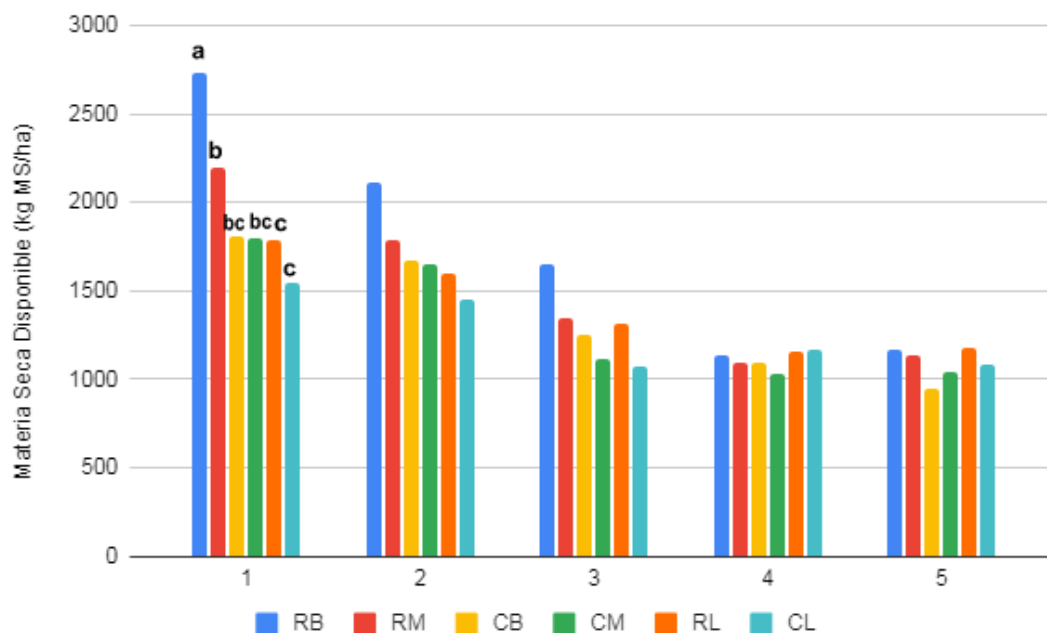
Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1). RA: Rotativo Alta; RB: Rotativo Baja; CB: Continuo Baja; CA: Continuo Alta. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto.

5.4.2.2. INTERACCIÓN MÉTODO X ZONA

En este caso solo se detectó significancia para el periodo 1, donde se observa un efecto claro del método en el caso de la zona de bajo, donde el método rotativo presenta una mayor disponibilidad que el método continuo lo cual esta explicado por los periodos de descanso. Las demás zonas, independientemente del método empleado no presentan diferencias significativas lo cual puede estar explicado por la menor selectividad de las especies presentes, que no genera diferencias en disponibilidad entre métodos. Las especies más predominantes en estas zonas son especies de tipo productivo ordinario como pueden ser *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* (Rosengurtt et al., 1960) de baja aceptación.

Figura 17

Efecto de la interacción método x zona según la disponibilidad (kg/ha) de MS



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p -valor < 0.1). RB: Rotativo Bajo; RM: Rotativo Medio; RL: Rotativo Litosol; CB: Continuo Bajo; CM: Continuo Medio; CL: Continuo Litosol. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto.

5.4.2.3. INTERACCIÓN OFERTA X ZONA

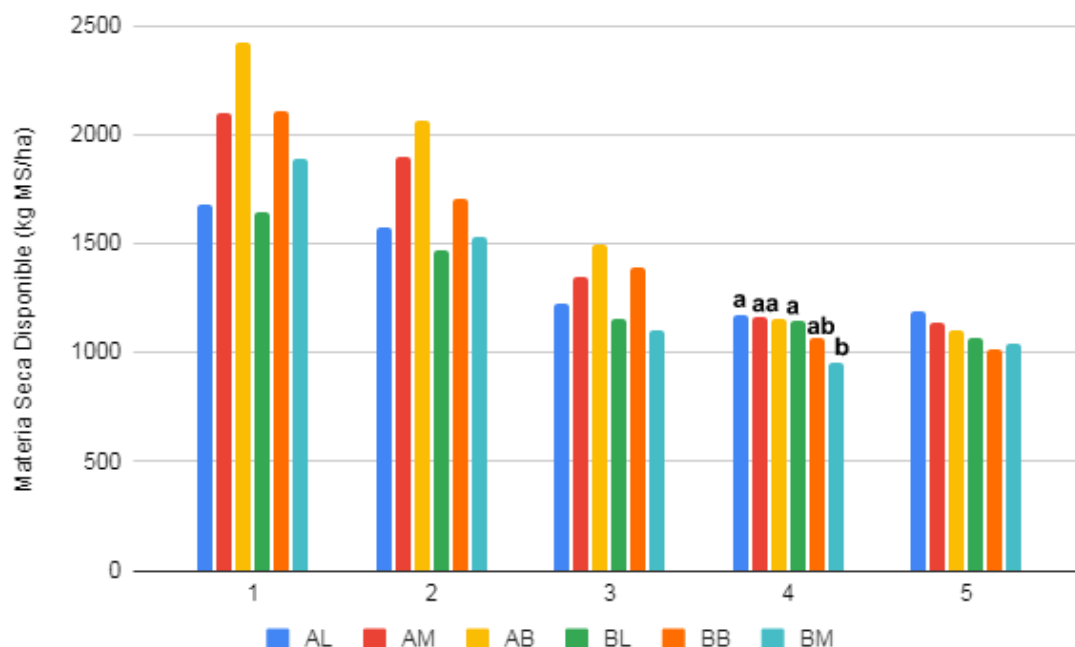
En este caso, la significancia estadística se observó únicamente en el período 4 (Figura 18), en el cual, si bien no se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos en general, se evidenció un efecto de la oferta en la zona media, donde la disponibilidad de forraje fue mayor bajo condiciones de alta oferta en comparación con la baja. Este resultado se atribuye a la menor presión de pastoreo asociada a una mayor asignación de forraje por animal.

Más allá de este hallazgo puntual, es importante destacar que, al considerar la evolución de esta interacción a lo largo de los distintos subperíodos del experimento, se observa una tendencia más marcada en las etapas iniciales, con efectos diferenciados tanto de la oferta como de la zona. Sin embargo, conforme se avanza hacia el invierno caracterizado por temperaturas más bajas, menor radiación y una mayor ocurrencia de heladas, se produce un efecto generalizado sobre el tapiz vegetal que no logra ser

compensado por los tratamientos evaluados, lo cual reduce la expresión de diferencias entre ellos.

Figura 18

Efecto de la interacción oferta x zona según la disponibilidad (kg/ha) de MS



Nota. Letras sobre las barras indican que el efecto de la variable fue significativo (p-valor < 0.1). AL: Alta Litosol; AM: Alta Medio; Alta Bajo; BL: Baja Litosol; BB: Baja Bajo; BM: Baja Medio. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto.

5.5.TASA DE CRECIMIENTO

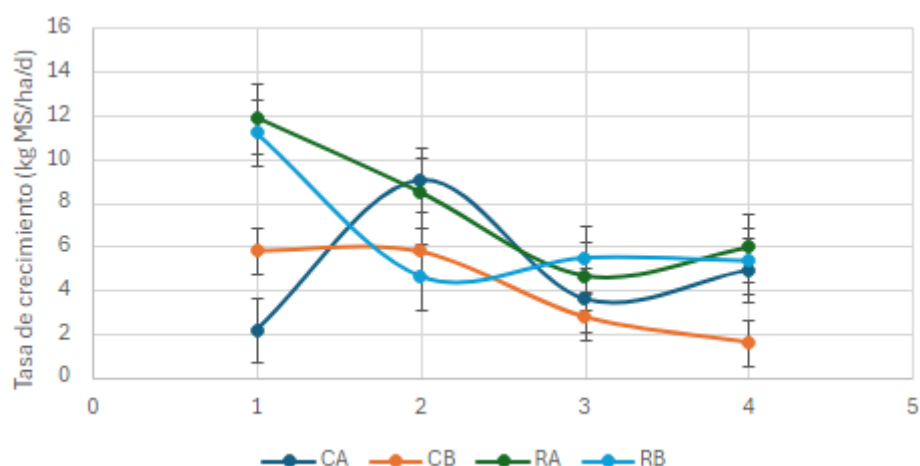
Durante los meses estudiados la tasa de crecimiento presentó oscilaciones en consecuencia del clima, las zonas topográficas, la oferta de forraje, el método de pastoreo, y las interacciones de estas, dependiendo del periodo observado. Como se puede ver en Anexo J los análisis de varianza para la tasa de crecimiento dio significativo solo para la variable método y para la interacción método x zona.

Por lo cual, presentamos a continuación un gráfico con el comportamiento de las tasas de crecimiento por tratamiento evaluados en los meses de estudio.

5.5.1. TASA DE CRECIMIENTO SEGÚN TRATAMIENTO

Figura 19

Evolución de la tasa de crecimiento (kg MS/ha/d) según los tratamientos en el periodo evaluado



Nota. CA: Continuo de oferta alta, CB: Continuo de baja oferta, RA: Rotativo de alta oferta, RB: Rotativo de baja oferta, 1: Mayo, 2: Junio, 3: Julio, 4: Agosto.

Comparando las OF en base a los valores absolutos se podría decir que tiende a haber una mayor tasa de crecimiento en los tratamientos con alta oferta en la mayoría de los meses del estudio.

Podemos afirmar que a medida que entramos en el invierno se ven los decrecimientos en las tasas de crecimiento por el simple hecho de las menores temperaturas y la presencia de heladas. Otro aspecto a remarcar en esta gráfica es que podemos ver como el sistema de pastoreo continuo de baja en la mayoría de los meses presentó los valores más bajos de tasas de crecimiento.

5.5.2. COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO EN INVIERNO

Los tratamientos con el método de pastoreo rotativo en el invierno presentaron una tasa de crecimiento significativamente superior a la de los tratamientos con métodos de pastoreo continuo, el promedio para los tratamientos rotativos fue de 5,89 kg MS/ha/día y para los tratamientos continuos fue de 3,25 MS/ha/día.

Con respecto a los efectos que se observaron en las variables independientes se observó que para la oferta no se observaron diferencias significativas entre las ofertas altas y las bajas. Lo mismo ocurrió con la variable zona, no presento diferencias

significativas, sin embargo, al realizar al test de Tukey se observa que la zona de bajo con un promedio de 6,4 kg MS/ha/día si presentaba diferencias significativas en comparación con la zona de litosol (3,16 kg MS/ha/día).

Tabla 11

Efecto de la interacción método x zona sobre la tasa de crecimiento, en invierno

Método	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha /día)
Rotativo	Bajo	9,68 a
	Medio	5,06 ab
	Litosol	2,95 b
Continuo	Litosol	3,37 b
	Medio	3,25 b
	Bajo	3,12 b

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

La interacción entre el método y la zona tuvo un efecto significativo, lo que podemos observar en la tabla 12 es que el tratamiento con el método de pastoreo rotativo en la zona de bajo presenta una media (9,68 MS/ha/día) significativamente superior a la mayoría de las otras interacciones entre método de pastoreo y zona. La única interacción en la cual no se puede afirmar diferencias es con el tratamiento de método de pastoreo rotativo con la zona media.

Tabla 12

Interacción del método x oferta de forraje sobre la tasa de crecimiento, en invierno

Método	Oferta de forraje	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
Rotativo	Baja	7,58 a
Rotativo	Alta	4,21 ab
Continuo	Alta	4,12 ab
Continuo	Baja	2,38 b

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

Por su parte, el método presento efectos significativos sobre las ofertas, incidiendo así sobre las tasas de crecimiento. El tratamiento con método de pastoreo rotativo sometido a ofertas bajas logro una media de 7,58 MS/ha/día que fue significativamente mayor que la tasa de crecimiento que se obtuvo con el método de pastoreo continuo con bajas ofertas (2,38 MS/ha/día).

5.5.3. COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO EN OTOÑO

Para el otoño la variable método de pastoreo presento diferencias significativas entre rotativo y continuo. Los tratamientos rotativos presentaron una media de tasa de crecimiento de 7,06 Kg MS/ha/día en comparación con los continuos que presentaron una media de 2,84 kg MS/ha/día la cual es significativamente menor a la media del rotativo.

No fue posible encontrar diferencias significativas entre las ofertas, sin embargo, en cuanto a los valores absolutos se puede observar una tendencia a que los tratamientos con oferta alta (5,86 KgMS/ha/día) presentaron mayores tasas de crecimiento que los tratamientos con ofertas bajas (4,04 KgMS/ha/día).

Con respecto a las interacciones entre las variables lo que podemos determinar es que hay una interacción entre el método y la zona como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 13

Efecto de la interacción método x zona sobre la tasa de crecimiento, en otoño

Método	Zona	Tasa de crecimiento (kgMS/ha /día)
Rotativo	Bajo	9,28 a
	Litosol	6,08 ab
	Medio	5,81 ab
Continuo	Litosol	5,09 ab
	Medio	3,30 ab
	Bajo	0,11 b

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

Existieron diferencias significativas entre la tasa de crecimiento con método de pastoreo rotativo en zona de bajo (9,28 Kg MS/ha/día) en comparación con la interacción entre el método de pastoreo continuo en zona de bajo (0,11 Kg MS/ha/día) (Tabla 14). Lo que nos lleva a pensar que pudo haber una presión de selección muy grande en los tratamientos de continuo sobre los bajos debido a que en esta zona es donde suelen aparecer especies de tipo productivo fino o tierno (Millot et al., 1987).

Otro aspecto que incidió sobre estos valores de tasa de crecimiento fueron las condiciones climáticas anormales en el otoño y con un invierno con una ocurrencia de heladas que igualo al récord histórico como fue mostrado anteriormente. No es menor el dato de que cuando comenzó el experimento en el mes de mayo la temperatura promedio fue de tres grados Celsius menos que el promedio histórico de ese mes, afectando de forma negativa a la tasa de crecimiento de las especies presentes.

5.6.UTILIZACIÓN DE LA PASTURA

5.6.1. UTILIZACIÓN DE LA PASTURA EN TODO EL PERÍODO EVALUADO

Como primer aspecto a destacar respecto al panorama general de la cosecha de la pastura durante el período evaluado, se observa que los valores absolutos obtenidos indican una baja utilización en comparación con lo reportado por otros autores. Esta diferencia sugiere que los resultados podrían ser consecuencia de un cambio en la estructura de la pastura, el cual habría afectado físicamente su aprovechamiento por parte del animal. Este cambio, a su vez, estaría vinculado a condiciones adversas que prevalecieron durante el período de evaluación, principalmente las bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas, factores que influyeron negativamente en el desarrollo de la pastura.

Como se puede observar en Anexo I y en la Tabla 14, el método de pastoreo tiene un efecto significativo sobre la utilización de la pastura. En particular, el pastoreo rotativo presenta una mayor eficiencia de cosecha en comparación con el pastoreo continuo. Esta diferencia puede atribuirse a que el método continuo genera una estructura de la pastura que limita la cosecha de forraje por parte del animal, reduciendo así su aprovechamiento, ya que los animales pastorean solamente en un estrato (Waite, como se cita en Wade & Agnusdei, 2001). En contraste, el pastoreo rotativo permite una regulación más precisa de la oferta forrajera diaria, lo que favorece una estructura de la

pastura más adecuada para el consumo animal, resultando en una mayor utilización del recurso.

Tabla 14

Utilización (%) de la pastura según el método para todo el periodo evaluado

Método	Utilización (%)
Rotativo	19 a
Continuo	16 b

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

Como puede observarse en la Tabla 15, la zona baja presenta un mayor grado de utilización en comparación con la zona de litosol. Esta diferencia se explica por las condiciones edáficas predominantes, que favorecen un ambiente con elevada producción de forraje, sin imponer limitaciones físicas a la cosecha por parte del animal. Además, la composición botánica de la zona de bajo se caracteriza por la presencia de especies con mayor palatabilidad, lo que contribuye a incrementar la cosecha animal.

Tabla 15

Utilización (%) de la pastura según las zonas, para todo el periodo evaluado

Zona	Utilización (%)
Bajo	20 a
Medio	18 ab
Litosol	15 b

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

5.6.2. UTILIZACIÓN DE LA PASTURA EN SUBPERIODOS

Durante el período evaluado se identificaron dos subperíodos: el primero comprendido por la estación otoñal, y el segundo por la estación invernal. En relación con el segundo subperíodo, se observó significancia únicamente en los factores independientes de método y oferta de forraje.

El periodo invernal se caracterizó, en su mayoría, por presentar bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas, lo que afectó la estructura de la pastura y generó una limitante física para la cosecha por parte del animal. Como resultado, se registraron bajos porcentajes de utilización en términos absolutos.

Ante estas condiciones, el método rotativo permitió una gestión más eficiente del forraje, gracias a los períodos de descanso, los cuales favorecieron el mantenimiento de una estructura adecuada del pasto, evitando así restricciones físicas en el consumo animal.

Tabla 16

Utilización (%) de forraje según el método de pastoreo, para invierno

Método	Utilización (%)
Rotativo	17 a
Continuo	9 b

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

Con respecto a la oferta de forraje, se observa, en términos absolutos, una menor utilización de lo esperado, independientemente del nivel de oferta aplicado. Esta situación puede explicarse por la disminución progresiva en los niveles de oferta, atribuida a la metodología experimental empleada.

Asimismo, se evidencia que el tratamiento de baja oferta presenta una menor utilización en comparación con el de alta oferta. Esto se debe a las condiciones climáticas adversas lo cual afectó la estructura de la pastura, limitando su aprovechamiento por parte del animal. Aunque teóricamente, ante una oferta reducida, se esperaría una mayor eficiencia en la cosecha, en este caso particular, la transición hacia la estación invernal, sumada a condiciones climáticas adversas, alteró significativamente las características del tapiz vegetal, comprometiendo así su utilización.

Tabla 17

Utilización (%) de la pastura según la oferta de forraje, para invierno

Oferta	Utilización (%)
Alta	15 a
Baja	11 b

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

En la estación otoñal, se observó una interacción significativa entre el método de pastoreo y el nivel de oferta. Los valores registrados en términos absolutos fueron superiores en comparación con el subperíodo anterior, lo que puede atribuirse a

condiciones climáticas más favorables propias de la estación otoñal, las cuales no afectaron negativamente la pastura y permitieron alcanzar los resultados esperados.

En particular, los tratamientos de pastoreo continuo con baja oferta mostraron una mayor utilización, lo cual se explica por la permanencia constante de los animales en el potrero y por la mayor presión de pastoreo ejercida. Lo cual concuerda con Lombardo (2012), que demostró que a medida que se daba una disminución en la asignación de forraje se generaba un aumento en la utilización de la pastura. En contraste, no se observaron diferencias significativas entre los demás tratamientos. En el caso del pastoreo continuo con alta oferta, la menor utilización estaría asociada a una presión de pastoreo reducida, mientras que en los tratamientos rotativos, la menor utilización se relaciona con el propio diseño metodológico, que incluye períodos de descanso y limita la cosecha durante ciertos intervalos.

Tabla 18

Efecto del método x oferta para la variable utilización (%) para el otoño

Método	Oferta	Utilización(%)
Continuo	Baja	30 a
Continuo	Alta	24 b
Rotativo	Alta	24 b
Rotativo	Baja	24 b

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

Otro aspecto relevante a considerar es la disonancia observada durante el primer subperíodo, específicamente en el período 1, correspondiente a finales del mes de abril. Según lo fundamentado previamente, se esperaría una mayor utilización del forraje, dado que las condiciones climáticas propias de dicha época no deberían haber afectado significativamente la estructura de la pastura.

Sin embargo, durante este período, los animales asignados al tratamiento de pastoreo rotativo se encontraron en parcelas caracterizadas por la presencia de zonas con litosoles. Estas áreas, debido a sus condiciones edáficas particulares y a las especies vegetales que conforman su tapiz, presentan en general una menor altura de pastura, lo que pudo haber condicionado negativamente la utilización por parte de los animales, resultando en valores inferiores a los esperados.

5.7.PRODUCCIÓN SECUNDARIA

5.7.1. CARGA ANIMAL

Como se observa en la tabla 19, las cargas expresadas en animales/día/hectárea no mostraron una variación marcada a lo largo de los distintos períodos. En cambio, las unidades ganaderas por hectárea (UG/ha) sí presentaron cambios significativos, lo cual se atribuye a la disminución del peso vivo de los animales a medida que avanzaba el invierno.

En cuanto a las ofertas, estas tendieron a reducirse conforme se intensificaba la estación invernal, dado por los objetivos del trabajo. Los objetivos de oferta se alcanzaron en cierta medida, ya que se buscaba comenzar con valores más altos (12% para el tratamiento de alta oferta y 8% para el de baja oferta), para luego reducirlos progresivamente hasta llegar, en pleno invierno, a ofertas del 8% para la alta y del 6% para la baja.

Los tratamientos con alta oferta presentaron una menor carga animal, atribuida a la mayor asignación de forraje por individuo. En cuanto a la carga promedio expresada en animales por hectárea, el método rotativo mostró valores superiores en comparación con los métodos continuos. Al considerar la carga en unidades ganaderas por hectárea (UG/ha), no se observaron diferencias entre tratamientos de alta oferta independientemente del método utilizado. No obstante, en las ofertas bajas, el método continuo presentó una carga inferior en comparación con el rotativo.

Tabla 19*Carga animal, oferta de forraje real, por subperiodo*

Tratamiento	Periodo	Animal/d/ha	UG/ha	Animal/d/ha Promedio	UG/ha Promedio	Oferta	Oferta Promedio
CA	1	1,38	1,05	1,38	0,96	9,54	10,43
CA	2	1,38	0,92			13,48	
CA	3	1,38	0,93			10,48	
CA	4	1,38	0,93			8,21	
CB	1	2,02	0,95	1,94	0,87	7,20	7,41
CB	2	1,91	0,88			9,63	
CB	3	1,91	0,83			7,51	
CB	4	1,91	0,82			5,28	
RA	1	1,8	1,01	1,8	0,95	11,97	10,43
RA	2	1,8	0,93			11,57	
RA	3	1,8	0,92			11,01	
RA	4	1,8	0,92			7,16	
RB	1	2,12	0,95	2,05	0,90	7,52	7,55
RB	2	2,02	0,91			8,49	
RB	3	2,02	0,87			8,40	
RB	4	2,02	0,85			5,80	

Nota. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto. CA: Continuo Alta; CB: Continuo Baja; RA: Rotativo Alta; RB: Rotativo Baja.

5.7.2. GANANCIA MEDIA DIARIA ANIMAL Y EVOLUCIÓN DEL PESO VIVO.

Al realizar el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias mediante el test de Tukey, se observó que la interacción método $\times$ oferta resultó significativa, evidenciándose un efecto asociado a la oferta (Anexo K). En particular, el tratamiento RA presentó las menores pérdidas de peso, diferenciándose

significativamente del tratamiento con oferta baja, independientemente del método empleado. Este resultado se atribuye a una mayor oferta de forraje, que permitió una mayor disponibilidad de forraje al animal. En cuanto al efecto del método, no se detectaron diferencias significativas independientemente de la oferta utilizada. A la vez lo que se puede observar es una pérdida de peso para todos los tratamientos lo cual es atribuible a las bajas temperaturas, acompañado de los altos requerimientos de esta raza de animales. Este resultado coincide con lo reportado por Duhalde y Silveira (2018), quienes, trabajando sobre campo natural durante el período invernal y utilizando una oferta de forraje del 10,8%, obtuvieron pérdidas en las ganancias medias diarias de -0,230 kg de peso vivo por animal por día en animales de raza similar.

Tabla 20

Efecto de la interacción método x oferta sobre la GMD (kg/a/d), para todo el periodo

Método	Oferta	GMD (kg/a/d)
Rotativo	Alta	-0,10 a
Continuo	Alta	-0,21 ab
Continuo	Baja	-0,27 b
Rotativo	Baja	-0,31 b

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

5.7.3. EVOLUCIÓN DEL PESO VIVO ANIMAL POR HECTÁREA

En la tabla se observa una disminución paulatina del peso vivo de los animales a lo largo del período experimental. Esta tendencia puede atribuirse, por un lado, a la reducción progresiva en la oferta de forraje, en consonancia con los objetivos establecidos para los tratamientos, y, por otro, a las condiciones climáticas propias de las estaciones en las que se desarrolló el experimento, así como a factores particulares del año en cuestión. Estas condiciones repercutieron negativamente sobre variables de la pastura, como la tasa de crecimiento, limitando aún más la disponibilidad de forraje. Asimismo, debe considerarse que los animales evaluados, de raza Holando y con un peso promedio de 350–400 kg, presentan altos requerimientos de mantenimiento, lo que también contribuyó a una disminución considerable en su peso vivo.

Tabla 21*Evolución de los pesos vivo animal por hectárea (kg PV/ha)*

Periodos	CA	CB	RA	RB
	kg PV/ha	kg PV/ha	kg PV/ha	kg PV/ha
1	554	730	692	770
2	486	646	637	705
3	494	612	633	671
4	492	604	637	654

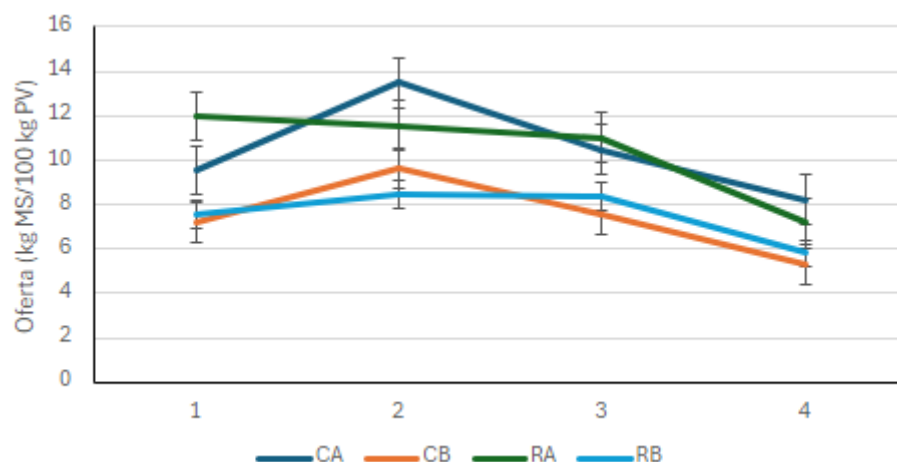
Nota. Periodos: 1: Abril; 2: Mayo; 3: Junio; 4: Julio; 5: Agosto. CA: Continuo de Alta; CB: Continuo de Baja; RA: Rotativo de Alta; RB: Rotativo de Baja

5.7.4. EVOLUCIÓN DE LA OFERTA DE FORRAJE

En relación con la evolución de la OF durante los meses en evaluación, se observa que los tratamientos con ofertas altas se mantuvieron por encima de los de ofertas bajas a lo largo del período, aunque en ambos casos mostraron una tendencia decreciente hacia el invierno. Esta dinámica responde al diseño experimental, que establecía iniciar con ofertas del 12% para los tratamientos de alta oferta y del 8% para los de baja, con el objetivo de alcanzar, hacia el final del experimento, niveles de 8% y 6%, respectivamente. Esto se lograba con el metodo “Put and Take”, en el cual sacábamos o ingresábamos los animales volantes para ajustar la OF según la disponibilidad de forraje, para cada mes.

Figura 20

Evolución de la oferta de forraje (kg MS/100 kg PV) según los subperiodos evaluados



Nota. Periodos: 1: Mayo; 2: Junio; 3: Julio; 4: Agosto.

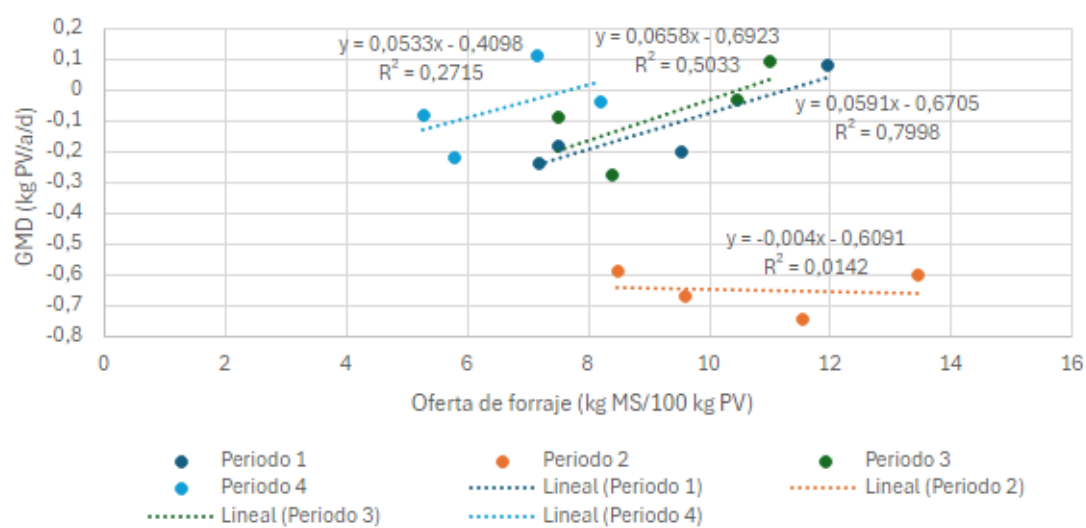
5.7.5. RELACIÓN ENTRE GANANCIA MEDIA DIARIA ANIMAL CON LA OFERTA DE FORRAJE

En relación con las ganancias medias diarias (GMD) y la oferta de forraje, se observó que durante los períodos 1, 3 y 4 las GMD tendieron a aumentar conforme se incrementaba la oferta, lo cual resulta esperable dada la mayor asignación de forraje por animal.

En cambio, en el período 2, correspondiente al mes de julio, las GMD se mantuvieron relativamente constantes pese al aumento de la oferta. Esta situación podría explicarse por las condiciones climáticas predisponentes, especialmente la ocurrencia de heladas, que habrían afectado la disponibilidad efectiva de forraje como también la calidad del mismo. Se supone que estas condiciones adversas pudieron haber afectado negativamente en la relación verde/seco del forraje como consecuencia obtuvo un bajo, desempeño animal.

Figura 21

Efecto de la oferta de forraje (kg MS/100 kg PV) en la ganancia media diaria (kg PV/a/d)



Nota. Periodos: 1: Mayo; 2: Junio; 3: Julio; 4: Agosto.

6. CONSIDERACIONES FINALES

En relación con la altura de la pastura, se observó un efecto significativo tanto del método de pastoreo como de la oferta de forraje, destacándose el tratamiento RA como aquel que presentó mayores alturas en comparación con el resto de los tratamientos. Asimismo, se evidenció un efecto asociado a las condiciones edáficas: en promedio, las zonas bajas registraron mayores alturas que las áreas de litosol. En este contexto, el tratamiento con método de pastoreo rotativo en el área de bajo también presentó valores destacados de altura, lo que se atribuye a los períodos de descanso y a las condiciones edáficas más favorables.

Además, se identificó un efecto diferenciado de la oferta de forraje en la zona media, donde la alta oferta condujo a una menor presión de pastoreo, permitiendo una mayor altura del tapiz vegetal en comparación con la oferta baja. Esta menor presión generó que especies de hábito de crecimiento cespitoso se vieran beneficiadas y en consecuencia se vio una mayor altura del forraje.

Durante el transcurso del período experimental, se constató una tendencia decreciente en la altura de la pastura. Las mayores alturas se registraron al inicio del ensayo, dado que en el inicio del otoño presento condiciones climáticas favorables. Sin embargo, a medida que avanza hacia el invierno, se produjo una disminución progresiva en las alturas, atribuida a las bajas temperaturas y a la ocurrencia de heladas, factores que afectaron negativamente el crecimiento vegetal.

En relación con la composición botánica, se observó que cada zona constituye una de las variables con mayor influencia, determinando comunidades vegetales contrastantes en términos de tipos productivos y vegetativos. En las zonas bajas se registró una marcada presencia de *Festuca arundinacea*, especies de Ciperáceas y Juncáceas, así como *Paspalum dilatatum*, asociadas a su mayor adaptabilidad a condiciones húmedas. En las zonas medias se destacó la abundancia de especies como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* y, además de una marcada presencia en áreas de litosol, debido a su elevada plasticidad fenotípica. También se identificó a *Stipa setigera* como una de las especies dominantes en zona media. Por otro lado, en los sectores de litosoles predominaron especies como *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon*, cuya distribución se explica por su alta tolerancia al estrés hídrico, a suelos poco profundos, con baja fertilidad y su alta capacidad de colonización.

En relación con el efecto del método de pastoreo, se observó que especies como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum* presentaron una mayor producción de forraje bajo el sistema continuo en comparación con el rotativo. Este comportamiento puede atribuirse a la adaptación de dichas especies a ambientes perturbados y con alta frecuencia de defoliación, además de su hábito de crecimiento rastrero, que les permite una rápida regeneración post-pastoreo.

Por el contrario, especies como *Festuca arundinacea* y *Stipa setigera* mostraron una producción superior bajo el sistema de pastoreo rotativo respecto al pastoreo continuo. Este resultado se relaciona con los períodos de descanso que caracterizan al pastoreo rotativo, los cuales favorecen la recuperación foliar y radicular, reduciendo el nivel de estrés y permitiendo una mayor persistencia y productividad de estas gramíneas.

En el caso del efecto de la oferta de forraje, grupos botanales compuestos por *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, así como por *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon*, registraron en ambos casos mayores valores de biomasa bajo condiciones de baja oferta, lo cual se atribuye a la mayor tolerancia a la defoliación que presentan este tipo de especies, dado su hábito de crecimiento y sus estructuras las cuales les permiten persistir y regenerarse rápidamente bajo pastoreo intenso, manteniendo su cobertura y productividad incluso en condiciones restrictivas.

En relación con la disponibilidad de forraje, considerando la totalidad del período evaluado, se observaron efectos significativos atribuibles a los factores independientes. En cuanto al método de pastoreo, el sistema rotativo evidenció una mayor disponibilidad de forraje, lo cual se explica por los períodos de descanso que favorecen la recuperación del tejido vegetal.

Respecto a la oferta de forraje, se registró una mayor disponibilidad bajo condiciones de oferta alta, lo que responde a la menor presión de pastoreo ejercida, generando así un menor estrés sobre las plantas y permitiendo una recuperación más eficiente del tapiz vegetal tras la defoliación.

Las zonas bajas presentaron una mayor masa de forraje en comparación con los litosoles, lo cual puede atribuirse a condiciones edáficas y climáticas más favorables que inciden en la cobertura vegetal, la composición florística y los hábitos fisiológicos y ecológicos (Millot et al., 1987). En contraposición, los ambientes de litosoles pueden

inducir un estrés energético sobre las plantas, predisponiéndolas más intensamente a las condiciones ambientales y condicionando su capacidad de sobrevivencia (Boggiano et al., 2005). Las interacciones significativas se observaron con respecto a los subperíodos evaluados, destacándose el tratamiento RA como el que presentó mayor disponibilidad de forraje. Este comportamiento se atribuye a la combinación de oferta alta y al sistema rotativo, que en conjunto reducen la presión de pastoreo y permiten una mayor recuperación vegetal. Asimismo, el tratamiento RB también evidenció niveles elevados de disponibilidad, influenciados por el método utilizado y por condiciones edáficas particularmente favorables.

En cuanto a la utilización del forraje, se observó un efecto significativo tanto del método de pastoreo, como de la oferta de forraje y las condiciones edáficas. Respecto al método de pastoreo, se constató que el pastoreo rotativo permite una mayor utilización del forraje en comparación con el método continuo. Este resultado fue contrario a lo esperado, ya que se esperaría una mayor utilización bajo pastoreo continuo debido a la permanencia constante de los animales en la parcela. Sin embargo, en este caso particular, las condiciones ambientales adversas, en especial las bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas, que afectaron negativamente al tapiz vegetal, alteraron su estructura y generaron una limitación física en la capacidad de cosecha animal bajo el método de pastoreo continuo.

En relación con la oferta de forraje, se registró una disminución en la utilización a medida que se reducía la asignación de forraje, lo cual puede explicarse por las limitaciones ya mencionadas. Por otra parte, en cuanto al efecto de las distintas zonas sobre la utilización del forraje, se observó que la zona baja presentó un mayor grado de utilización en comparación con la zona de litosol. Esta diferencia se atribuye a las condiciones edáficas predominantes en la zona baja, que favorecen una elevada producción de forraje sin imponer restricciones físicas a su cosecha por parte del animal. Además, la composición botánica de dicha zona se caracteriza por una mayor presencia de especies palatables, lo que contribuye a incrementar la eficiencia de cosecha animal.

En relación con la producción secundaria, la carga animal expresada en animales por día por hectárea (animales/día/ha) no mostró modificaciones significativas a lo largo del periodo evaluado. En cambio, las unidades ganaderas por hectárea (UG/ha) sí presentaron una disminución general, atribuible a la pérdida de peso de los animales y al

ajuste en la carga animal. En este contexto, cabe recalcar que su bien las cargas (animales/día/ha) se mantuvieron similares en el transcurso del periodo evaluado, el ajuste se realizó en base a la oferta de forraje, lo cual toma en cuenta el forraje disponible en función del peso vivo animal presente.

Respecto a los kilogramos por hectárea (kg/ha), se observó una disminución del peso vivo independientemente del tratamiento aplicado. Esta reducción se explica, principalmente, por la menor disponibilidad de forraje, la cual se vio afectada por condiciones climáticas adversas, especialmente por las bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas. A esto se suma el efecto de los animales utilizados, que eran novillos de raza Holando, con un peso promedio de 350–400 kg, con elevados requerimientos de mantenimiento.

En cuanto a las ganancias diarias de peso vivo (kg PV/animal/día), se detectaron diferencias significativas tanto entre los factores independientes como en la interacción entre el manejo y la oferta forrajera. Se evidenció un efecto principal de la oferta, donde el tratamiento RA presentó una menor pérdida de peso en comparación con RB, mostrando diferencias estadísticamente significativas. Por su parte, los tratamientos continuos no mostraron diferencias significativas entre sí, aunque se observó una tendencia a menores pérdidas de peso en CA en comparación con CB.

7. CONCLUSION

Tanto la altura como la disponibilidad de forraje se vieron influenciadas por el método, oferta y las condiciones edáficas predisponentes, destacándose el método rotativo en la zona de bajo.

En relación con la composición botánica, se evidenció una influencia predominante de las condiciones edáficas, acompañada de efectos significativos del método de pastoreo y de la oferta de forraje. En particular, se observó que las especies de hábito de crecimiento estolonífero fueron favorecidas bajo sistemas de pastoreo continuo y oferta de forraje baja.

La producción secundaria se vio principalmente afectada por la oferta de forraje. Registrándose una menor pérdida de peso con oferta altas.

La utilización de forraje, mostro un efecto tanto del método, la oferta y las condiciones edáficas contrastantes. En este sentido se observó una mayor utilización bajo el método rotativo, ofertas altas y zonas de bajo.

La tasa de crecimiento tuvo una respuesta mayor del método en comparación con la oferta, y además un marcado efecto en las interacciones entre factores. El método rotativo presento una tasa de crecimiento mayor en comparación con el método continuo.

8. 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.
- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, 66(1), 2-28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Altamirano, A., Da Silva, H., Durán, A., Echeverría, A., Panario, D., & Puentes, R. (1976). *Carta de reconocimiento de suelos de Uruguay: Vol. 1. Clasificación de suelos*. MAP. https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/carta_de_reconocimiento_de_suelos_Tomo_I.pdf
- Barthram, G. T. (1986). Experimental techniques: The HFRO sward stick. En M. M. Alcock (Ed.), *The Hill Farming Research Organization: Biennial Report 1984-85* (pp. 29-30). Hill Farming Research Organisation. https://www.hutton.ac.uk/sites/default/files/publications/legacy/annualreports/HFRO/HFRO_biennial_report_1984-1985_web.pdf
- Bemhaja, M., & Berretta, E. J. (2006). Comunidades herbáceas de 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.
- Boggiano, P. (2015). Pasturas: Base del Uruguay productivo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 23(5), 44-45. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2510/926
- Boggiano, P., & Berretta, E. J. (2006). Factores que afectan la biodiversidad vegetal del campo natural. En A. Brasil Mittelman & J. C. Leites Reis (Eds.), *XXI Reunião do Grupo Técnico em forrageiras, do Cone Sul: Grupo Campos: Desafios e oportunidades do Bioma Campos frente a expansão e intensificação agrícola* (pp. 93-104). EMBRAPA.

- Boggiano, P., & Zanoniani, R. (2014). Producción de pasturas. En Mesa de Ganadería sobre campo natural (Eds.), *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., Zanoniani, 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.
- Brizuela, M. A., & Cibils, A. F. (2011). Implicancias de la carga y distribución de los animales en pastoreo en la utilización de pasturas. En C. A. Cangiano & M. A. Brizuela (Eds.), *Producción Animal en Pastoreo* (2ª ed., pp. 349-376). INTA.
- Carámbula, M. (1991). *Aspectos relevantes para la producción forrajera*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2921/1/111219220807114541.pdf>
- De la Fuente, S. (2011). *Análisis de conglomerados*. Universidad Autónoma de Madrid. <https://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/SEGMENTACION/CONGLOMERADOS/conglomerados.pdf>
- Díaz, R., Jaurena, M., & Ayala, W. (2008). Impacto de la intensificación productiva sobre el campo natural en Uruguay. *Revista INIA*, (14), 16-21. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5225/1/revista-INIA-14-Diaz.pdf>
- Dirección General de Recursos Naturales. (s.f.a). *Diez (Di): Litosol éutrico 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 éutrico típico, familia francosa*. MGAP. <https://dgrn.mgap.gub.uy/Cartografia/Series/SMa.pdf>
- Dos Santos, J., Ríos, C., Ricetto, J., Bernhaja, M., Olmos, F., Pittaluga, O., Silva, J., & Berretta, E. (1985). Evaluación del efecto del método de pastoreo, relación ovino/bovino y dotación sobre la productividad de una pastura natural en basalto. En M. Allegri, A. Castells, & R. Orcasberro (Eds.), *Primer seminario nacional sobre campo natural: Resúmenes* (pp. 43). Universidad de la República; MGAP; SUPRA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7286/1/RBI-5030-SEMINARIO-CAMPO-NATURAL-1-1985.pdf>
- Duhalde, M. E., & Silveira, M. I. (2018). *Efecto de la fertilización nitrogenada y mejoramiento de campo natural sobre la productividad invierno – primavera* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

- Durán, A. (Coord.). (1976). *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay* [Mapa]. MAP. https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/1619_carta_de_reconocimiento_de_suelos_del_uruguay_1.1.000.000_imprimir_a0_0.pdf
- Favaro, R., & de Mattos, J. (2019). *Efecto de tres intensidades de defoliación estacionales en una pradera a base de Festuca arundinacea, sobre la distribución horizontal de la pastura* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/29478>
- Fernández, G., López, L., & Altesor, A. (2014). Servicios ecosistémicos y resiliencia del pastizal natural. En Mesa de Ganadería sobre campo natural (Eds.), *Curso: Producción animal sostenible en pastoreo sobre campo natural* (pp. 131-138). MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/libro_campo_natural_final_en_baja.pdf
- 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., & 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.
- Garcia de Souza, A. G. (1989). *Evolução e produção animal da pastagem nativa sob pastejo contínuo e rotativo* [Resumen]. <https://www.ufrgs.br/fagro/materiais/Antonio%20Garcia%20de%20Souza%201989.pdf>
- Gonçalves, J. O., & Girardi-Deiro, A. M. (1986). Efeito de três cargas animais sobre a vegetação de pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 21(5), 547-554. <https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/14830/8517>
- Google Earth. (2025). [Imagen satelital de Paysandú, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 14 de marzo de 2025, de https://earth.google.com/web/@-32.38859299,-58.03295644,45.44775067a,770.64321907d,30y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0I_____ARAA
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2021). *Producción ganadera, hábitats naturales y bienestar humano: Producir carne preservando hábitats naturales e impactando positivamente en el bienestar humano*. https://es.scribd.com/document/501628730/Produccion-Carne-Habitats-y-Bienestar-Humano-Pliegos#from_embed
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (2024). *Boletín climático 2024*. <https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2025-02/Boletin%20Climatico%20Anual%202024.pdf>

- Jia, X., Dukes, M. D., & Jacobs, J. M. (2009). Bahiagrass crop coefficients from eddy correlation measurements in central Florida. *Irrigation Science*, 28, 5-15.
- Laca, E. A. (2011). Escalas de heterogeneidad espacial en sistemas pastoriles. En C. A. Cangiano & M. A. Brizuela (Eds.), *Producción Animal en Pastoreo* (2ª ed., pp. 312-347). INTA.
- 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. <https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/EcologiaAustral/article/view/1441/802>
- Lombardo, S. (2012). Asignación de forraje: ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? *Revista del Plan Agropecuario*, (143), 32-35.
- Maraschin, G. E., Moojen, E. L., Escosteguy, C. M. D., Correa, F. L., Apezteguia, E. S., Boldrini, I. I., & Riboldi, J. (1997). Native pasture, forage on offer and animal response. En J. G. Buchanan-Smith, L. D. Bailey, & P. McCaughey (Eds.), *Proceedings of the XVIII International Grassland Congress* (pp. 27-28). International Grassland Congress.
- Mezzalira, J. C., Carvalho, P. C. F., da Trindade, J. K., Bremm, C., Fonseca, L., do Amaral, M. F., & Reffatti, M. V. (2012). Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. *Ciência Rural*, 42(7), 1264-1270. <https://www.scielo.br/j/cr/a/sKLcXpbC6KLK8BqfWz39sQJ/>
- Milchunas, D. G., Sala, O. E., & Lauenroth, W. K. (1988). A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist*, 132(1), 87-106. <https://doi.org/10.1086/284839>
- 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* (2ª ed., 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). Manejo y mejoramiento de pasturas naturales. En Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassioni" (Ed.), *Jornadas de campos en pasturas: 30 de octubre de 2003*. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/44771/1/EEMAC%202003_Jornada%20de%20campo%20en%20Pasturas.pdf
- Molfino, J. H., & Califra, A. (2001). *Agua disponible de las tierras del Uruguay: Segunda aproximación*. MGAP.

- Montossi, F., Risso, D. F., & Pigurina, G. (1996). Consideraciones sobre utilización de pastura. En D. F. Risso, E. J. Berretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 93-105). INIA.
<https://inia.uy/sites/default/files/publications/2025-03/st80-1996.pdf>
- Moojen, E. L., & Maraschin, G. E. (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). Principípios de manejo e produtividade de pastagens. En *Ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos de corte* (pp. 54-107). ULBRA.
- Nabinger, C., & Carvalho, P. C. F. (2009). Ecofisiología de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia (Uruguay)*, 13(3), 18-27.
- Nabinger, C., Carvalho, P. C. F., Cassiano Pinto, E., Mezzalira, J. C., Marins Brambilla, D., & Boggiano, P. (2011). Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿Es posible mejorarlos con más productividad? *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 19(3-4), 27-34.
- Neves, F. P., Carvalho, P. C. F., Nabinger, C., Carassai, I. J., Dos Santos, D. T., & Da Veiga, G. V. (2009). Caracterização da estrutura da vegetação numa pastagem natural do Bioma Pampa submetida a diferentes estratégias de manejo da oferta de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(9), 1685-1694.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2023). *Anuario estadístico agropecuario 2023*. MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2023/ANUARIO2023WEB.pdf>
- Peloché, D. (2012). *Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la estructura de un campo natural restablecido de la unidad San Manuel* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República
- Pinto, C. E., Silveira da Fontoura Júnior, J. A., Frizzo, A., Freitas, T. M. S., Nabinger, C., & Carvalho, P. C. (2008). Produções primária e secundária de uma pastagem natural da Depressão Central do Rio Grande do Sul submetida a diversas ofertas de fitomassa aérea total. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(10), 1737-1741.
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96024/000694345.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W., & Rossi, P. (1985). *Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a la Escala 1:500.000*. MIE.
<https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/publicaciones/Memoria%20carta%20geologica%20del%20Uruguay.pdf>

- QGIS Development Team. (2023). *QGIS Geographic Information System* (versión 3.28.5). [Software] Open Source Geospatial Foundation.
<https://download.qgis.org/downloads/>
- 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.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/evaluacion_pasturas_04.pdf
- Ríos, A., & Giménez, A. (1990). Algunas consideraciones ecofisiológicas y de manejo para el control integrado de gramilla (*Cynodon dactylon*). En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de cultivos de verano* (pp. 11-19).
- Rosengurtt, B. (1943). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 3ª contribución*. Barreiro.
- 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.
- 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.
- Soares, A. B. (2002). *Efeito da alteração da oferta de matéria seca de uma pastagem natural sobre a produção animal e a dinâmica da vegetação* [Disertación doctoral]. Universidad Federal do Rio Grande do Sul.
- Sollenberger, L. E., Agouridis C. T., Vanzant, E. S., Franzluebbers, A. J. & Owens, L. B. (2012). Prescribed grazing on pasturelands. En C. J. Nelson (Ed.), *Conservation outcomes from pastureland and hayland practices: Assessment, recommendations, and knowledge gaps* (pp. 111-204). U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. https://uknowledge.uky.edu/bae_facpub/40/
- Sollenberger, L. E., Vendramini, J. M. B., Dubeux, J. C. B., Jr., & Wallau, M. (2009). *Grazing management concepts and practices*. University of Florida.
<https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AG160>
- Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Drexel Institute of Technology.
- 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.
- Wade, M. H., & Agnusdei, M. (2001). *Morfología y estructura de las especies forrajeras y su relación con el consumo*. Sitio Argentino de Producción Animal.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/76-morfologia_y_estructura_de_forrajeras.pdf

9. ANEXOS

Anexo A*Suelos dominantes en los potreros de rotativo de alta y baja oferta*

Parcela	Rotativo alta	Rotativo baja
1	Litosoles con asociaciones de Litosoles Eutricos Melanicos	Brunosoles Eutricos Hápticos con asociación de Litosoles
2	Litosoles	Brunosoles Eutricos Hápticos
3	Litosoles	Brunosoles Eutricos Hápticos con asociación de Planosoles eutricos correspondiente a altos
4	Litosoles	Brunosoles Eutricos Hápticos con asociación de Litosoles y Planosoles Éutricos correspondiente a altos
5	Litosoles	Brunosoles Éutricos Hápticos con asociación de Litosoles y Planosoles Éutricos correspondiente a altos
6	Litosoles Eutricos Melanicos	Brunosoles Éutricos Hápticos con asociación de Planosoles Éutricos correspondiente a altos
7	Litosoles Eutricos Melanicos	Brunosoles Éutricos Hápticos
8	Litosoles	Litosoles
9	Litosoles	Litosoles
10	Litosoles	Brunosoles Éutricos Típicos con asociación de Litosoles
11	Partes iguales de Litosoles y Gleysoles	Brunosoles eutricos típicos
12	Gleysoles	Litosoles
13	Partes iguales de Litosoles y Gleysoles	Partes iguales de Litosoles y Gleysoles, con asociación de Brunosoles Éutricos Típicos
14	Litosoles con asociaciones de Solonetz Solodizados Blanqueales	Gleysoles con asociaciones de Litosoles y Brunosoles Éutricos Típicos

Anexo B*Suelos predominantes en transectas de los tratamientos continuos*

Transectas	Continuo de alta	Continuo de baja
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 C

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

Transectas/parcelas	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*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 megapotamica</i> + <i>Cynodon dactylon</i>
4	<i>Perennes estivales finas</i>
6	<i>Perennes estivales ordinarias</i>
7	<i>Paspalum quadrifalium</i>
9	<i>Festuca arundinacea</i>
10	<i>Stipa setigera</i>
11	<i>Perennes invernales finas y tiernas</i>
13	<i>Stipa charruana</i>
17	<i>Leguminosas nativas</i>
20	<i>Ciperaceas</i> + <i>Juncaceas</i>
22	<i>Hierbas menores</i>
23	<i>Eryngium horridum</i> + <i>Cardos</i>

Nota. Fueron agregados a la tabla solo los grupos botanales que fueron analizados.

Anexo E

Resumen de significancia de la Biomasa presente de los grupos botanales presentes en otoño

	Met	Of	Z	Met Of	x Met Z	x Of x Z
Kg GB 1	sd	sd	**	sd	sd	sd
Kg GB 2	sd	sd	**	sd	sd	**
Kg GB 4	sd	sd	***	sd	sd	*
Kg GB 6	**	**	sd	**	sd	sd
Kg GB 7	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Kg GB 9	sd	sd	***	sd	sd	sd
Kg GB 10	sd	sd	*	sd	sd	sd
Kg GB 11	sd	***	**	sd	***	sd
Kg GB 13	*	sd	sd	sd	sd	sd
Kg GB 17	sd	sd	*	sd	sd	sd
Kg GB 20	sd	*	*	sd	*	sd
Kg GB 22	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Kg GB 23	sd	sd	*	sd	sd	sd

Nota. sd (sin diferencias), (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5%, (***) significativo al 1%.

Anexo F

Resumen de significancia de la Biomasa presente de los grupos botanales presentes en invierno

	Met	Of	Z	Met x Of	Met x Z	Of x Z
Kg GB 1	*	***	*	sd	sd	**
Kg GB 2	sd	*	***	**	***	sd
Kg GB 4	sd	sd	***	***	sd	sd
Kg GB 6	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Kg GB 7	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Kg GB 9	*	sd	***	sd	**	sd
Kg GB 10	**	sd	**	sd	*	sd
Kg GB 11	sd	sd	sd	sd	*	sd
Kg GB 13	*	*	**	sd	sd	sd
Kg GB 17	sd	sd	*	sd	sd	sd
Kg GB 20	sd	sd	*	sd	sd	sd
Kg GB 22	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Kg GB 23	sd	**	sd	sd	**	sd

Nota. sd (sin diferencias), (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5%, (***) significativo al 1%.

Anexo G

Análisis de la varianza para la variable altura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Alturas (cm)	265	0,16	0,13	43,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	657,06	9	73,01	5,48	<0,0001
Metodo	140,86	1	140,86	10,57	0,0013
Oferta	111,11	1	111,11	8,33	0,0042
Zona	205,86	2	102,93	7,72	0,0006
Metodo*Oferta	55,19	1	55,19	4,14	0,0429
Metodo*Zona	26,36	2	13,18	0,99	0,3736
Oferta*Zona	39,31	2	19,66	1,47	0,2309
Error	3399,58	255	13,33		
Total	4056,64	264			

Anexo H

ANAVA para la variable disponibilidad de forraje

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible	265	0,14	0,11	29,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7647391,19	9	849710,13	4,74	<0,0001
Metodo	3276781,55	1	3276781,55	18,26	<0,0001
Oferta	1448807,31	1	1448807,31	8,08	0,0048
Zona	1395854,28	2	697927,14	3,89	0,0217
Metodo*Oferta	301273,76	1	301273,76	1,68	0,1962
Metodo*Zona	618679,01	2	309339,51	1,72	0,1804
Oferta*Zona	282859,85	2	141429,93	0,79	0,4557
Error	45750093,85	255	179412,13		
Total	53397485,03	264			

Anexo I

ANAVA para la variable utilización de forraje

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Utilizacion	265	0,05	0,02	61,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1758,35	9	195,37	1,64	0,1032
Metodo	534,56	1	534,56	4,50	0,0349
Oferta	96,94	1	96,94	0,82	0,3673
Zona	656,42	2	328,21	2,76	0,0651
Metodo*Oferta	261,51	1	261,51	2,20	0,1392
Metodo*Zona	17,60	2	8,80	0,07	0,9287
Oferta*Zona	16,08	2	8,04	0,07	0,9346
Error	30307,29	255	118,85		
Total	32065,64	264			

Anexo J

ANAVA para la variable tasa de crecimiento de forraje

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TC (kg MS/ha)	144	0,17	0,11	106,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	744,38	9	82,71	2,97	0,0030
Metodo	423,08	1	423,08	15,19	0,0002
Oferta	17,66	1	17,66	0,63	0,4273
Zona	31,58	2	15,79	0,57	0,5687
Metodo*Oferta	10,26	1	10,26	0,37	0,5450
Metodo*Zona	272,91	2	136,45	4,90	0,0089
Oferta*Zona	24,11	2	12,06	0,43	0,6496
Error	3733,24	134	27,86		
Total	4477,62	143			

Anexo K

ANAVA para la variable GMD de los animales en estudio

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GMD	63	0,29	0,24	58,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	0,42	4	0,10	5,83	0,0005	
Metodo	0,02	1	0,02	0,88	0,3521	
Oferta	0,26	1	0,26	14,58	0,0003	
PV_Inicial	0,01	1	0,01	0,58	0,4482	-1,7E-04
Metodo*Oferta	0,09	1	0,09	4,94	0,0302	
Error	1,04	58	0,02			
Total	1,46	62				