

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL MÉTODO DEL PASTOREO Y LA OFERTA DE FORRAJE
SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CAMPO NATURAL**

Por

Joaquín REBOLEDO SOBREDO

**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**”.



PAGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

Tribunal:

Ing. Agr. (Mag). Felipe Casalás

Ing. Agr. (Mag.) Daniel Formoso

Ing. Agr. (Dr.) David Silveira

Fecha:

20 de noviembre de 2025

Estudiante:

Joaquín Reboledo Sobreño

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| PAGINA DE APROBACIÓN..... | 2 |
| LISTA DE TABLAS Y FIGURAS | 7 |
| RESUMEN | 9 |
| SUMMARY | 10 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 Objetivo general | 11 |
| 1.2 Objetivos específicos..... | 11 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 12 |
| 2.1 Campo natural en Uruguay | 12 |
| 2.1.1 Generalidades..... | 12 |
| 2.2 Sistemas pastoriles..... | 12 |
| 2.2.1. Relación suelo – clima – planta – animal..... | 14 |
| 2.3 Manejo del pastoreo..... | 16 |
| 2.3.1 Intensidad..... | 16 |
| 2.3.2. Frecuencia..... | 17 |
| 2.3.3. Oferta de forraje..... | 17 |
| 2.3.4. Estructura de la pastura y desempeño animal..... | 18 |
| 2.3.5. Métodos de pastoreo..... | 19 |
| 2.3.6. Pastoreo continuo..... | 20 |
| 2.3.7. Pastoreo rotativo | 21 |
| 2.4 Efecto de la oferta de forraje..... | 21 |
| 2.4.1. En la producción de forraje..... | 21 |
| 2.4.2. En la estructura de la pastura | 22 |
| 2.4.3. En la composición botánica | 23 |
| 2.4.4. En la producción animal | 23 |
| 2.5 Efecto del método de pastoreo | 25 |
| 2.5.1 En la producción de forraje..... | 25 |
| 2.5.2. En la estructura de la pastura | 26 |
| 2.5.3. En la composición botánica | 26 |
| 2.5.4. En la producción animal..... | 27 |
| 2.6. Interacción entre método de pastoreo y carga animal | 28 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 3.1 Ubicación espacial y periodo experimental | 30 |
| 3.2 Descripción de los tratamientos | 31 |
| 3.3 Animales | 32 |
| 3.4 Procedimiento experimental..... | 32 |
| 3.5 Registro y mediciones de altura | 33 |
| 3.6 Tasa de crecimiento (TC) y materia seca presente (MSP) | 34 |
| 3.7 Composición de la materia seca presente | 35 |
| 3.8 Diseño experimental | 36 |
| 3.8.1 Modelo estadístico | 36 |
| 3.8.1.1. Variables de la pastura..... | 36 |
| 3.8.1.2. Variables de la producción animal | 37 |
| 4. RESULTADOS | 39 |
| 4.1 Datos meteorológicos | 39 |
| 4.2 Introducción | 40 |
| 4.3 Datos de la pastura..... | 40 |
| 4.3.1. Altura..... | 40 |
| 4.3.2 Contribución de especies en la materia seca total (%) | 41 |
| 4.3.2.1. Especies estivales..... | 41 |
| 4.3.2.1.1. Especies finas, tiernas y tiernas ordinarias | 41 |
| 4.3.2.1.2. <i>Cynodon dactylon</i> & <i>Bouteloua megapotamica</i> | 42 |
| 4.3.2.1.3. Especies ordinarias | 42 |
| 4.3.2.1.4. Especies duras | 44 |
| 4.3.2.2. Especies invernales | 44 |
| 4.3.2.2.1. Especies finas, tiernas y tierno ordinarias..... | 44 |
| 4.3.2.2.2. Hierbas menores & enanas..... | 45 |
| 4.3.3. Producción de forraje | 45 |
| 4.3.4. Análisis por zona..... | 45 |
| 4.3.4.1. Suelos bajos..... | 45 |
| 4.3.4.1.1. Altura disponible | 45 |
| 4.3.4.1.2. Materia seca presente..... | 46 |
| 4.3.4.1.3. Materia seca disponible | 47 |
| 4.3.4.1.4. Altura del forraje remanente | 48 |
| 4.3.4.1.5. Materia seca remanente | 49 |
| 4.3.4.1.6. Altura promedio..... | 49 |
| 4.3.4.2. Suelos litosoles | 50 |

| | |
|---|----|
| 4.3.4.2.1. Altura disponible | 50 |
| 4.3.4.2.2. Masa de forraje disponible..... | 51 |
| 4.3.4.2.3. Materia seca disponible | 51 |
| 4.3.4.2.4. Altura remanente | 52 |
| 4.3.4.2.5. Materia seca remanente | 54 |
| 4.3.4.2.6. Altura media..... | 54 |
| 4.3.4.3. Suelos medios..... | 55 |
| 4.3.4.3.1. Altura disponible | 55 |
| 4.3.4.3.2. Materia seca presente..... | 56 |
| 4.3.4.3.3. Materia seca disponible | 57 |
| 4.3.4.3.4. Altura remanente | 58 |
| 4.3.4.3.5. Materia seca remanente | 58 |
| 4.3.4.3.6. Altura media..... | 59 |
| 4.3.5. Análisis del período total | 60 |
| 4.3.5.1. Variables de la pastura..... | 60 |
| 4.3.5.1.1. Altura disponible promedio..... | 60 |
| 4.3.5.1.2. Materia seca presente..... | 61 |
| 4.3.5.1.3. Materia seca remanente | 61 |
| 4.3.5.2. Producción animal | 61 |
| 4.3.5.2.1. Ganancia de peso total del periodo (kg) | 61 |
| 4.3.5.2.2. Peso final (kg) | 61 |
| 4.3.5.2.3. Ganancia diaria individual (kg/animal/día) por estación..... | 61 |
| 4.3.5.2.4. Ganancia media (kg/animal/día) individual del periodo | 62 |
| 4.3.5.2.5 Carga animal en kg de peso vivo/hectárea..... | 62 |
| 5. DISCUSIÓN | 63 |
| 6. CONCLUSIONES | 69 |
| 7. BILIOGRAFÍA..... | 71 |

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla n.

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Efecto de oferta de forraje x tipo de suelo sobre contribución (%) especies estivales (T/TF/TO)..... | 41 |
| Tabla 2 Efecto del tipo de suelo sobre la contribución (%) acumulada de especies estivales (T/TF/TO)..... | 41 |
| Tabla 3 Efecto de interacción oferta x tipo de suelo sobre contribución (%) de especies estivales ordinarias..... | 43 |
| Tabla 4 Efecto de interacción método x tipo de suelo sobre contribución de especies estivales ordinarias..... | 43 |
| Tabla 5 Efecto de interacción oferta de forraje x método de pastoreo sobre contribución (%) de invernales (t/tf/to) | 44 |
| Tabla 6 Efecto del tipo de suelo sobre la contribución (%) de hierbas menores y enanas | 45 |
| Tabla 7 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura (CM) de (MSD) en bajos..... | 46 |
| Tabla 8 Efecto del periodo sobre la materia seca presente ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) en suelos bajos | 47 |
| Tabla 9 Efecto del método de pastoreo sobre la materia seca presente ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) en suelos bajos | 47 |
| Tabla 10 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre materia seca disponible (kg/ha) en bajos..... | 48 |
| Tabla 11 Efecto de oferta de forraje sobre materia seca disponible kg/ha en bajos | 48 |
| Tabla 12 Efecto del periodo sobre la altura promedio (cm) en suelos bajos..... | 49 |
| Tabla 13 Efecto de la oferta de forraje sobre la altura promedio (cm) en suelos bajos .. | 49 |
| Tabla 14 Efecto del método de pastoreo sobre la altura promedio (cm) en suelos bajos | 50 |
| Tabla 15 Efecto de interacción oferta de forraje x método de pastoreo sobre altura disponible (CM) en litosoles | 50 |
| Tabla 16 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre materia seca disponible (kg/ha) en litosoles..... | 52 |
| Tabla 17 Efecto de interacción periodo x oferta de forraje sobre altura remanente (cm) en litosoles..... | 53 |
| Tabla 18 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura remanente (cm) en litosoles..... | 53 |
| Tabla 19 Efecto de la oferta de forraje sobre la altura media (cm) en litosoles | 54 |
| Tabla 20 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura media (cm) en litosoles | 55 |
| Tabla 21 Efecto de interacción periodo x oferta de forraje sobre altura disponible (cm) en suelos medios | 56 |
| Tabla 22 Efecto de oferta de forraje sobre materia seca presente (kg/ha) en suelos medios | 56 |
| Tabla 23 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre MSP (kg/ha) en suelos medios..... | 57 |
| Tabla 24 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre materia seca remanente (kg/ha) suelos medios..... | 58 |
| Tabla 25 Efecto de interacción periodo x oferta de forraje sobre materia seca remanente (kg/ha) suelos medios..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Tabla 26 Efecto de la oferta de forraje sobre la altura media (cm) en suelos medios | 59 |
| Tabla 27 Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura media (cm) en suelos medios..... | 60 |

Figura n.

| | |
|--|----|
| Figura 1 Estructura básica y ciclo energético en el ecosistema pratense | 13 |
| Figura 2 Modelo conceptual del funcionamiento del ecosistema pastoril | 15 |
| Figura 3 Croquis del experimento | 30 |
| Figura 4 Mapa de clasificación de las zonas de estudio | 31 |
| Figura 5 Croquis con recorrido de transectas fijas para tratamientos de pastoreo continuo..... | 33 |
| Figura 6 Gráfico de datos históricos promedio de temperatura y precipitaciones vs datos recogidos en periodo experimental..... | 39 |
| Figura 7 Gráfico de ganancia media diaria por estación (kg/a/d) x Oferta de forraje (%PV)..... | 62 |

RESUMEN

Este trabajo fue desarrollado en la Estación Experimental Mario. A Cassinoni perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de la Republica. La misma está ubicada en el kilómetro 363 de la Ruta 3, en el departamento de Paysandú. El ensayo se llevó a cabo en el Potrero 13 de dicho establecimiento, bajo una superficie de 37,8 hectáreas de campo natural restablecido. La modalidad del experimento constó de cuatro tratamientos, cada uno desarrollado en una subdivisión del mismo potrero. Dos de ellos pertenecieron a modalidades de pastoreo continuo mientras los dos restantes a pastoreo rotativo; estos últimos dos a su vez contaban con 14 parcelas de 0,6 hectáreas cada uno. Además, se seleccionó un tratamiento de pastoreo continuo de carga continua y otro de pastoreo rotativo los cuales se manejaron a cargas altas y los dos restantes bajo cargas bajas. Los animales utilizados fueron novillos de la raza Holando. Los niveles de OF se ajustan mensualmente según la disponibilidad de forraje (kg MS/ha) y la tasa de crecimiento esperada, regulando las cargas animales a partir de los datos de pesadas mensuales. El periodo de evaluación estuvo comprendido entre el 24 de julio y el 30 de octubre. Los objetivos principales fueron: evaluar la producción primaria y secundaria bajo el efecto del método de pastoreo y el ajuste de carga, y caracterizar el tapiz vegetal asociado a los distintos tipos de suelo presentes en el potrero (Bajo, Medio y Litosol). . Para esto se tomó como referencia una caracterización realizada por estudiantes donde los suelos presentes fueron Bajo, Medio y Litosol. Las variables estudiadas fueron: altura (cm) y masa de forraje (kg MS/ha), composición botánica y ganancia media diaria de los animales (kg PV/ha). Para el análisis estadístico, se aplicaron Análisis de Varianza (ANAVA) y comparaciones de medias mediante el test de Tukey (Infostat), con niveles de significancia de 5% y 10%. Se plantearon cuatro hipótesis las cuales discutían el efecto del método de pastoreo, la oferta de forraje, el tipo de suelo y el periodo en estudio como variables independientes. Luego de analizar los resultados se concluyó que todas las variables mencionadas anteriormente tuvieron su efecto significativo sobre los resultados obtenidos.

Palabras clave: método de pastoreo, tipo de suelo, estructura de la pastura, altura de forraje, desempeño animal

SUMMARY

This work was carried out at the Mario A. Cassinoni Experimental Station, part of the Faculty of Agronomy of the University of the Republic. It is located at kilometer 363 of Route 3, in the department of Paysandú. The work was conducted in Paddock 13 of the facility, covering an area of 37.8 hectares of natural land. The experimental modality consisted of four treatments, each carried out in a subdivision of the same pasture. Two of them were under continuous grazing, while the remaining two were under rotational grazing. The latter two, in turn, consisted of 14 plots of 0.6 hectares each. In addition, one continuous grazing treatment and one rotational grazing treatment were selected, which were managed at high stocking rates, while the remaining two were managed at low stocking rates. The animals used were Holando steers. FO levels are adjusted monthly based on forage availability (kg DM/ha) and expected growth rates, regulating stocking rates based on monthly weighing data. The evaluation period ran from July 24 to October 30. The objectives of the study were to evaluate both primary and secondary production under the influence of grazing methods and stocking rate adjustments, as well as to characterize the vegetation cover associated with the different soil types present in the pasture. For this purpose, a characterization carried out by students was used as a reference, based on the soil types present in the pastures: Low, Medium, and Lithosol. The variables studied were forage height (cm) and mass (kg DM/ha), botanical composition, and average daily animal gain (kg LW/ha). Results were analyzed using ANOVAs, and means were compared using the statistical software Infostat with significance levels of 5% and 10%. Four hypotheses were proposed, examining the effects of grazing method, forage supply, soil type, and study period as independent variables. After analyzing the results, it was concluded that all of the aforementioned variables had a significant impact on the results obtained.

Keywords: grazing method, soil type, pasture structure, forage height, animal performance

1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas naturales en Uruguay ocupan el 68,7% de la superficie total del país, con un valor de 12.105.970 hectáreas (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2022). Las mismas se caracterizan por presentar gran heterogeneidad variando según el tipo de suelo sobre el cual se desarrollan y el régimen climático de las diferentes zonas agroecológicas (Boggiano & Berretta, 2006).

Dichas pasturas se componen de diferentes grupos de especies. Como principal ocupante se encuentran gramíneas de bajo y mediano porte, estableciendo una baja relación de C3/C4, lo que deriva en una baja producción invernal. Luego, con menor frecuencia aparecen especies leguminosas, seguidas de la familia de las compuestas, las ciperáceas y las juncáceas. Por último, conformando un tapiz más alto, se incluyen las especies subarborescentes y gramíneas pajizas (Milot et al., 1987).

Este forraje puede ser utilizado bajo distintos manejos. Una alternativa tecnológica, es el pastoreo mediante el ajuste de carga. También podrían utilizarse distintos métodos de pastoreo, como como lo son un pastoreo continuo y un pastoreo rotativo.

En función de estos datos, se va a medir la producción primaria y secundaria del Campo Natural en un experimento de mediana escala espacial en un diseño factorial de tratamientos de método de pastoreo y oferta de forraje.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto combinado del método de pastoreo y la oferta de forraje sobre la producción primaria y secundaria del Campo Natural, en un diseño experimental factorial.

1.2 Objetivos específicos

Estimar la producción de materia seca según oferta de forraje y método de pastoreo.

Determinar la composición botánica del forraje disponible y remanente.

Evaluar la performance animal en función del método de pastoreo y oferta de forraje.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Campo natural en Uruguay

2.1.1 Generalidades

Se define como una cubierta vegetal, compuesta por gramíneas, plantas herbáceas y sub-arbustivas, donde los árboles y arbustos son raros (Berretta & Do Nascimento, 1991). La misma es variable en estructura y composición florística (Rosengurtt et al., 1939) según el material geológico, determinante de distintos suelos que se diferencian en textura y profundidad (Berretta, 2000).

Dicha cubierta vegetal está compuesta por un alto número de especies que van cambiando sus frecuencias y sus hábitos fisio y ecológicos a raíz de los cambios por parte del material geológico, suelo y topografía, así como también el efecto del pastoreo. Dichas comunidades se componen de especies de gramíneas de bajo y mediano porte, compuestas, leguminosas, juncáceas y ciperáceas (Millot et al., 1987).

De acuerdo con los criterios establecidos por el Prof. Bernardo Rosengurtt, las especies son agrupadas según su tipo vegetativo, ciclo de producción y tipo productivo de manera de que se facilita su estudio. Los criterios establecidos son ciclo anual, tipo vegetativo, apetecibilidad y tipo de campo donde se desarrollan (Rosengurtt, 1979). Gracias a esto, Rosengurtt afirma que es más fácil tomar decisiones acerca del manejo del tapiz, así como decisiones sobre el ajuste de carga o las categorías animales adecuadas para cada situación del tapiz.

Con respecto a la productividad de los campos en Uruguay, la misma se ve influenciada por el tipo de suelo, así como por la estación del año. En suelos superficiales la producción promedio anual gira en torno a 2500 kg MS/ha/año, en suelos de profundidad media hay un aumento hacia los 3500 kg/ha/año mientras que en suelos profundos de alta fertilidad o arenosos las producciones rondan los 5000 kg/ha/año. Con respecto a la estacionalidad de la producción, la misma se concentra en primavera-verano siendo un 80-85% en suelos arenosos y de 60-70% en otros campos mientras que la producción invernal aporta un 6-7% y 10-15% respectivamente (Berretta, 2000).

2.2 Sistemas pastoriles

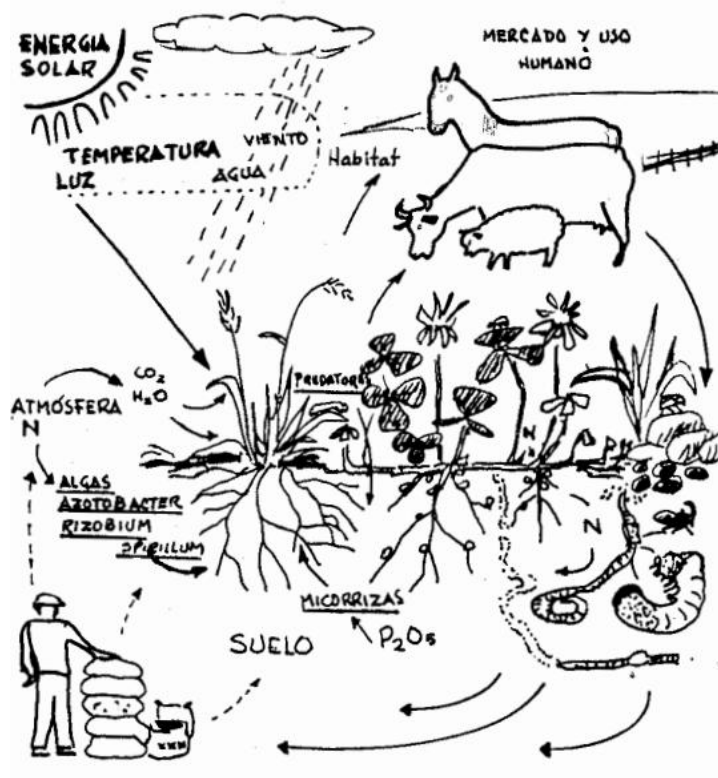
La producción secundaria sobre pasturas depende de la intervención del hombre ya que debe generarse un equilibrio en el ecosistema de manera que se garantice la

perdurabilidad del sistema, haya un ajuste entre la oferta de forraje y la producción animal, así como también la reducción de costos. Para cumplir con esto, se requiere de cierto conocimiento por parte de la persona de manera de comprender a la pastura como un ecosistema formado por componentes bióticos y abióticos, que cuyo equilibrio depende de la sustentabilidad (Nabinger, 1999).

Los sistemas de producción sobre campo natural, ecosistemas pratenses bajo el efecto del pastoreo (Figura 1), se conforman por diferentes componentes interrelacionados entre sí: clima (temperatura, luz, agua y viento), suelo, vegetación, meso fauna y microorganismos del suelo, y seres heterótrofos. Las relaciones energéticas en este ecosistema determinan entradas de recursos abióticos provenientes de la energía solar, atmósfera y suelo, las cuales son utilizadas por recursos bióticos – plantas, micro, meso y macroorganismos – para generar la fuente alimenticia de herbívoros, constituyendo las salidas del sistema de producción: carne, lana, leche, etc. (Millot et al., 1987).

Figura 1

Estructura básica y ciclo energético en el ecosistema pratense



Nota. Tomado de Millot et al. (1987).

Dicha cadena está compuesta por seres autótrofos y heterótrofos, los cuales experimentan ineficiencias significativas en el flujo de energía (Briske & Heitschmidt, 1991; Nabinger, 1999). Las primeras se dan en la utilización de la energía solar disponible. Las mismas pueden ser consecuencia de una baja área foliar disponible capaz de interceptar y absorber dicha radiación y/o por recursos naturales limitados. En segundo lugar, existen ineficiencias en la utilización de la productividad primaria por parte de los animales a través de la selectividad, el pisoteo, la acumulación de deyecciones y principalmente porque gran parte de la producción primaria no se encuentra accesible para los mismos ya que forma parte de raíces, estolones, etc. Además, luego en el proceso de digestión por parte de los consumidores existen pérdidas a través de gases, orina y heces, los cuales mediante el proceso de reciclaje por parte de los microorganismos son reincorporados al sistema (Nabinger, 1999).

El dilema ecológico que presenta el manejo de sistemas pastoriles es la incapacidad de optimizar simultáneamente la interceptación y conversión de la energía solar en producción primaria y secundaria. De aquí que la gestión de los sistemas debe atender estas limitantes, trabajar en reducir estas ineficiencias, en lugar de intentar superarlas o eludirlas (Briske & Heitschmidt, 1991).

2.2.1. Relación suelo – clima – planta – animal

El proceso de producción de forraje (Nabinger, 1999) y el efecto de la estructura de la pastura sobre el proceso de cosecha de forraje en pastoreo (Carvalho et al., 2009), constituyen factores clave para la comprensión de la interacción suelo – clima – planta – animal, y sus relaciones causa – efecto (Nabinger & Carvalho, 2009).

El modelo conceptual (Figura 2) propuesto por Nabinger y Carvalho (2009) basado en las propuestas de Lemaire y Chapman (1996), Cruz y Boval (2000) y Freitas (2003), es una herramienta útil que detalla las relaciones establecidas en el ecosistema pastoril sobre el campo natural.

2.3 Manejo del pastoreo

El objetivo principal debe ser el control de los factores que hacen a la productividad de las pasturas: cantidad y calidad de forraje producido y eficiencia de cosecha (Heitschmidt et al., 1982). La utilización de pasturas depende de la frecuencia, el tiempo de ocupación y la intensidad (Nabinger, 1999). Para que las decisiones acerca de estos factores, decisivos en la utilización de las pasturas, sean los correctos se requiere de conocimientos sobre pasturas, sus interacciones con el animal y la carga, así como también sobre la respuesta animal deseable según la situación de mercado (Brizuela & Cibils, 2011).

El pastoreo continuo (PC) y el pastoreo rotativo (PR), constituyen los métodos más contrastantes en cuanto a la conducción de los animales en pastoreo, bajo sus diferentes modalidades (Brizuela & Cibils, 2011). En cualquier método, la presión de pastoreo (intensidad y selectividad) es el factor determinante de la productividad de las pasturas, al establecer cuánto de la superficie de hojas, y por lo tanto, de la superficie de captación de la energía solar, es removida; no obstante, el propio método, dadas las diferencias en cuanto a la distribución de los animales en pastoreo, determina un comportamiento diferencial de las pasturas en lo que refiere a su estructura con implicancias en el crecimiento (Nabinger, 1999).

La frecuencia e intensidad de defoliación dependen de la carga animal instantánea y duración del período de pastoreo, variable según el método (Gregorini et al., 2007). Así como también, la disponibilidad de forraje, que puede influir aún más que la carga animal, sobre los procesos de frecuencia y severidad de defoliación (Rendón, 1968).

2.3.1 Intensidad

Refiere a la proporción de material que es removido durante la defoliación (Harris, 1978). La misma es el resultado de la relación entre el forraje inicial disponible y la cantidad de forraje removido (Berretta & Do Nascimento, 1991). Dicho factor es el que afecta más la cantidad y calidad de forraje disponible, determinado principalmente por la carga animal (Heitschmidt & Taylor, 1991).

El aumento en la carga genera efectos tanto a corto como a largo plazo, siendo que a corto plazo el forraje disponible puede verse limitado como consecuencia de un consumo mayor a la tasa de acumulación mientras que a largo plazo se estaría promoviendo la renovación de la pastura debido a la remoción de material senescente y

el posterior rebrote. A su vez, en el largo plazo la ~~cantidad~~ y calidad y cantidad de forraje disponible será resultado de los cambios en la composición de especies los cuales están sujetos principalmente al efecto de la intensidad de pastoreo (Heitschmidt et al., como se cita en Heitschmidt & Taylor, 1991).

Según Nabinger y Carvalho (2009) la intensidad también es el principal determinante del índice de área foliar promedio del tapiz a través del tamaño de hoja y la densidad de macollos de las especies presentes. De esta forma, cuanto mayor es la intensidad de pastoreo, la estructura de la pastura limita el consumo animal.

Por su parte, producciones altas de forraje implican una baja en los valores de eficiencia de cosecha. Por otro lado, al aumentar la intensidad de pastoreo, la pastura se mantiene con un índice de área foliar bajo, lo que implica una menor fotosíntesis bruta y una menor producción de forraje. Como resultado, los valores de máxima cosecha de forraje se alcanzan en pasturas con valores de IAF inferiores al óptimo (Parsons et al., 1983).

2.3.2. Frecuencia

La frecuencia consiste en el número de defoliaciones por unidad de tiempo de un área de tapiz vegetal o de unidades de plantas individuales, siendo el intervalo de defoliación, el tiempo transcurrido entre defoliaciones sucesivas (Berretta & Do Nascimento, 1991).

Esta frecuencia no necesariamente presenta diferencias relacionadas al método de pastoreo, ya que ambos métodos (continuo o rotativo) bien manejados consisten en sistemas de defoliación intermitentes (Brizuela & Cibils, 2011). La diferencia se encuentra en quién toma la decisión en los períodos de descanso de las pasturas ya que, en pastoreos rotativos, el hombre controla la duración de los períodos de descanso y ocupación de las áreas mientras que en pastoreos continuos es el animal en pastoreo, dependiendo de la carga aplicada (Sollenberger et al., 2009).

2.3.3. Oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) es la relación entre la cantidad de forraje disponible (sobre base de materia seca, en kg MS) y el peso animal (sobre unidad de peso vivo, en kg PV).

La disponibilidad de forraje es la cantidad de materia seca disponible en un área determinada en un determinado momento. Su composición puede variar en muchas combinaciones de altura y densidad. La oferta de forraje consiste en la cantidad de materia seca ofrecida cada 100 kg de peso vivo animal, en un determinado periodo de tiempo (Heringer & Carvalho, 2002). La misma puede expresarse en un periodo de tiempo o de forma instantánea (Wallau et al., 2017).

La presión de pastoreo va a condicionar tanto la producción de forraje, composición botánica y persistencia de la pastura como la producción animal individual y por área. En general, altas disponibilidades determinan mayores ganancias animales (Bryant et al., 1970).

2.3.4. Estructura de la pastura y desempeño animal

La interacción entre la estructura de la pastura y el comportamiento de los bovinos en pastoreo permite explicar y cuantificar el consumo de forraje diario, determinando las relaciones causa – efecto en la interfase planta – animal (Galli & Cangiano, 1998).

La estructura refiere a la disposición espacial de la biomasa aérea de una comunidad vegetal (Pinto et al., 2017). La estructura de una pastura es caracterizada por su altura, densidad y su distribución espacial de plantas (Carámbula, 2008). Es de suma importancia analizar cómo se presenta el forraje al animal en pastoreo y como debe ser manejado para generar estructuras que optimicen el consumo (Pinto et al., 2017).

En el campo natural se diferencian generalmente tres estratos. El primero, correspondiente al estrato bajo, compuesto por especies de hábito postrado, crecimiento rápido, alto valor nutritivo y gracias a su hábito crecimiento una resistencia al pastoreo. En segundo lugar, se puede identificar un estrato alto, compuesto por especies cespitosas que conforman matas, de crecimiento más lento y con presencia de restos secos. Por último, podría definirse un tercer estrato compuesto por especies sub arbustivas, tóxicas o malezas de campo sucio (Pinto et al., 2017).

La disponibilidad de forraje junto a la abundancia y distancia entre sitios de alimentación (área donde el animal puede alimentarse sin necesidad de trasladarse), definen el patrón de selección y utilización de la pastura (Bailey & Provenza, 2008; Galli & Cangiano, 1998). La frecuencia e intensidad de defoliación determinan el efecto del pastoreo sobre las plantas, y así mismo, las dimensiones de cada bocado determinan la respuesta de las plantas ante las características del remanente (Galli & Cangiano, 1998).

La selectividad es la remoción de ciertos componentes del tapiz en lugar de otros, como consecuencia de la oportunidad que tienen los animales de seleccionar (Berretta & Do Nascimento, 1991). Las zonas donde los animales asisten de forma más frecuente son aquellas donde se encuentra la vegetación con mayor calidad nutritiva de manera que los mismos ven más favorecida la capacidad de cubrir sus requerimientos (McNaughton, como se cita en Berretta, 1996).

Según Ring et al. (1985), en el campo natural, la formación de parches como consecuencia de sobre y sub-pastoreo tienen una relación con la carga o la presión de pastoreo donde además generan como consecuencia diferencias en la composición botánica del tapiz. En relación a lo anterior, es esperable que frente presiones de pastoreo más altas donde los animales ven más limitado su consumo, intenten compensar con una disminución en su selectividad y como consecuencia la heterogeneidad en la distribución espacial del forraje disminuya (Laca, 2011).

Desde una visión productivista, la heterogeneidad (mosaico de "parches") suele considerarse negativa al asociarse a reducciones en la eficiencia de producción y uso del forraje. Sin embargo, el efecto del pastoreo puede ser una herramienta para mantener la biodiversidad en los ecosistemas pastoriles, al generar condiciones que permiten la sobrevivencia de especies que en otras condiciones se eliminarían por sucesión o competencia (Laca, 2011).

Pinto et al. (2017) destacan que la heterogeneidad determina un ambiente pastoril más diverso, más resiliente, con mayor oportunidad de selección y con especies que se complementan, produciendo forraje en distintas épocas del año y resistiendo a los extremos climáticos.

2.3.5. Métodos de pastoreo

Los diferentes métodos implican diferencias en el control de la frecuencia de defoliación. Lo que es importante y debe ser considerado sin importar el método es mantener las plantas con reservas aceptables mediante periodos de descanso suficientes de manera de no comprometer el sistema radicular y asegurar un rebrote rápido incrementando la producción (Carámbula, 1977; Holechek et al., 1989).

La decisión del método de pastoreo a utilizar debería basarse en las características de las pasturas, requerimientos animales, costos asociados a la adopción de un método particular y probabilidad de retorno de la inversión (Sollenberger et al., 2009).

2.3.6. Pastoreo continuo

Refiere al pastoreo de un área específica, por un periodo de tiempo en el cual es factible (Berretta & Do Nascimento, 1991). Los animales en pastoreo son los que definen la frecuencia e intensidad de pastoreo (Sollenberger et al., 2009).

El área permanece continuamente bajo pastoreo, por un tiempo definido, con un tiempo de pastoreo cero. La frecuencia de pastoreo depende de la carga animal, de su tipo y categoría, así como también las características de la pastura como su estructura y su crecimiento estacional (Brizuela & Cibils, 2011; Nabinger, 1999).

En este método de pastoreo, la carga se relaciona inversamente con la altura de la pastura. Pastoreos más laxos derivan en una utilización baja del forraje y un aumento de la selectividad por parte del animal, así como también un aumento en la acumulación de material senescente. A su vez, con pastoreos de este tipo, los animales tienen la posibilidad de consumir forraje de alta calidad ya que pueden seleccionar los horizontes más altos del tapiz donde se acumula la mayor proporción de láminas (Bryant et al., 1970).

La implementación de cargas variables resulta en la alternativa que permite reducir situaciones de sub o sobre pastoreo (Brizuela & Cibils, 2011).

Sin embargo, puede ser perjudicial dadas las indebidas intensidades o frecuencia de pastoreo sobre algunas plantas, poniendo a estas especies en desventaja frente a la competencia, y pudiendo causar cambios no deseables en la vegetación (Heady, como se cita en Vallentine, 1990). Por consiguiente, el pastoreo continuo se ha catalogado, frecuentemente, como perjudicial para la vegetación. Sin embargo, es destacable que las causas del deterioro de las pasturas bajo esta modalidad han sido debidas a pastoreos intensos o a una mala distribución del pastoreo (Martin & Cable, como se cita en Vallentine, 1990). El mayor problema es la preferencia por áreas de pastoreo, que suelen ser las zonas más productivas de la pastura, o alrededores al agua o sombra (Holechek et al., 1989).

Con relación a las ventajas del método, es posible destacar: menores costos de insumos para su implementación, y menor número de decisiones de manejo, lo que simplifica la conducción (Brizuela & Cibils, 2011; Sollenberger et al., 2009).

2.3.7. Pastoreo rotativo

Este método se basa en la implementación de una secuencia regular de pastoreos y descansos sobre un área determinada (Berretta & Do Nascimento, 1991). Dicha superficie es dividida en dos o más unidades y las mismas son pastoreadas secuencialmente, con un posterior periodo de descanso necesario para permitir el rebrote de la pastura (Sollenberger et al., 2009). Como consecuencia, este método tiene como resultado una mayor utilización de la pastura, así como también una defoliación más uniforme de la misma, promoviendo la productividad y persistencia (Sollenberger et al., 2012).

El tiempo es una variable de manejo muy importante en este método de pastoreo. Mediante esta se determina tanto el tiempo de pastoreo como el tiempo de descanso. Estos tiempos son determinados por la tasa de crecimiento de la pastura, la carga animal utilizada y el número de subdivisiones (Brizuela & Cibils, 2011).

En pastoreo rotativo, a diferencia del continuo, la oportunidad de seleccionar la dieta cae al aumentar el largo del período de ocupación de una pastura. La selectividad se ve muy limitada al final de la ocupación, previo al cambio de pastura y a disponibilidades cada vez más bajas (Bryant et al., 1970). Reforzando esta idea, Vendramini y Sollenberger (2020) afirman que este método aumenta la eficiencia de cosecha por parte de los animales, a diferencia del pastoreo continuo donde hay mayor pisoteo o rechazo. Sin embargo, el pastoreo rotativo no asegura una buena gestión de las pasturas, así como una mejor ganancia animal (Sollenberger et al., 2009).

Las ventajas de este método son: poder modificar el sistema de acuerdo a las tasas de crecimiento estacionales de la pastura, así como también los requerimientos animales (Vendramini & Sollenberger, 2020). A su vez, existe un mejor seguimiento de los animales dado la frecuencia en las intervenciones en el sistema debido a los cambios de parcela, lo que minimiza la ocurrencia de problemas sanitarios (Sollenberger et al., 2009).

2.4 Efecto de la oferta de forraje

2.4.1. En la producción de forraje

La oferta de forraje condiciona la absorción de la radiación fotosintéticamente activa mediante la modificación del área foliar remanente. Bajas ofertas de forraje que determinan intensidades altas de pastoreo derivan en un área foliar remanente baja y como consecuencia una disminución en la intercepción de la radiación, así como también en la

eficiencia de utilización de la radiación fotosintéticamente activa posteriormente utilizada para el rebrote (Boggiano et al., 2011; Nabinger, 1999). De acuerdo con la lógica anterior, dichas variables aumentan con ofertas de forraje mayores. Consecuentemente, ofertas en torno al 11,5% demuestran los mayores valores de producción y tasa de acumulación de forraje (Moojen & Maraschin, 2002).

Con respecto a la tasa de crecimiento, la misma está relacionada directamente con el IAF, siendo que su máximo valor se sitúa cuando la pastura llega a su IAF crítico (Brougham, 1956).

El manejo variable de la OF a lo largo del año es una estrategia decisiva para maximizar la productividad primaria y secundaria, frente a mantener OF fijas. Modificaciones en la OF de 8% en primavera y 12% en el resto del año resulta en tasas de crecimiento superiores al modelo de respuesta para OF fijas, maximiza la producción de forraje y propicia producción de forraje superior en el período otoño - invierno; atribuible a que intensidades de utilización altas en primavera conforman un IAF de mejor calidad y eficiencia fotosintética, con productividades mayores, evidenciado en la mayor disponibilidad hacia el otoño - invierno (Aguinaga et al., 2004; Mezzalira et al., 2012).

El cambio estacional en los niveles de OF impactaron en el funcionamiento del ecosistema a lo largo del año. A corto plazo, mejoró la masa y acumulación de forraje. A largo plazo, determinó mejoras en la producción anual de forraje y atenuación del déficit hídrico, condición que ocurrió durante un año. A muy corto plazo, la implicancia negativa resultó en la disminución de la carga, pero la mejora en producción de forraje determinó similar carga animal anual, con mejoras en el estado corporal de los animales e indicadores reproductivos (Do Carmo et al., 2013).

2.4.2. En la estructura de la pastura

La utilización de OF variables a lo largo del año, mediante ajustes de la carga animal, permiten alterar la estructura de la pastura, particularmente, la dinámica de ocupación de matas y la estructura del estrato inferior. Intensidades elevadas – OF bajas (4%) - determinan un perfil de la pastura uniforme y en un único estrato (4 cm), con predominio de especies postradas, estivales y mayor proporción de suelo descubierto. Intensidades moderadas - OF intermedias (8%) - incrementan la altura del estrato inferior (5 cm), promueve otras especies de valor forrajero, y aumenta la proporción de matas, aumentando la masa total de forraje. Intensidades menores - OF moderadas y altas (12%

y 16%) - determinan una estructura típica de doble estrato, incrementando la proporción de matas (hasta un 40%) y su diámetro, la altura del estrato inferior (8 – 9 cm), y la cantidad presente de material muerto (Pinto et al., 2017).

2.4.3. En la composición botánica

Someter las pasturas a distintas intensidades de pastoreo deriva en modificaciones en la diversidad de las especies que conforman el tapiz (Milchunas et al., como se cita en Nabinger et al., 2011). Para esto, se evaluó la repuesta de la pastura frente a diferentes ofertas de forraje. Como resultado, las ofertas de forraje más bajas (4%) fueron las que obtuvieron menor diversidad de especies, mientras que a ofertas de 12% se obtuvo la máxima diversidad, decreciendo a ofertas aún mayores (Carvalho et al., como se cita en Nabinger et al., 2011).

Pinto (como se cita en Nabinger et al., 2011), sobre la misma vegetación, obtuvo como resultado de la aplicación de OF bajas, mayor frecuencia de especies de hábito postrado como *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, y *Stylosanthes montevidensis*, incrementando la diversidad a OF mayores, con el aumento de especies invernales (ej. *Briza poaeomorpha*, *Briza subaristata*, *Piptochaetium lasianthum*, *Piptochaetium montevidense*) y leguminosas (ej. *Desmodium ascendens*), junto a especies estivales cespitosas (ej. *Andropogon lateralis*, *Arsitida laevis*, *Schizachyrium microstachyum*).

De acuerdo a Nabinger (1999), intensidades de pastoreo altas tienden a degradar los ecosistemas, resultando en baja cobertura de suelo y sustitución de especies productivas por menos productivas, o pérdida completa de especies forrajeras; mientras que, intensidades de pastoreo bajas pueden resultar en dominancia de pasturas cespitosas de bajo valor nutritivo, arbustos y/o otras especies indeseables, principalmente de los géneros *Baccharis* y *Eryngium*.

2.4.4. En la producción animal

El principal dilema radica en que no se puede maximizar la producción animal y la producción de forraje por parte de la pastura al mismo tiempo (Nabinger, 1999).

Mott (1960) presentó mediante curvas la relación entre la presión de pastoreo sobre la ganancia individual y por unidad de superficie donde demuestra que en situaciones de subpastoreo los animales experimentan ganancias individuales mayores ya que tienen mayor posibilidad de seleccionar el alimento. Por otro lado, a medida que la intensidad de pastoreo aumenta los animales deprimen sus ganancias individuales debido

a que su capacidad de consumo y selección se ven comprometidas ya que la disponibilidad de forraje es menor; sin embargo, la ganancia por unidad de superficie resulta mayor.

El consumo de forraje tiene una respuesta positiva con la oferta de forraje y como consecuencia la ganancia animal. A su vez, este consumo también está afectado por la condición de la pastura para experimentar tasas elevadas. Da Trindade, Bonnet, Wallau et al. (2017) demostró que, a ofertas de forraje bajas, con alturas de forraje inferiores a 5 cm, los animales reducen su consumo diario en un 30 % mientras que a ofertas superiores al 10% los mismos alcanzan los mayores consumos.

Según Da Trindade, Bonnet, Wallau et al. (2017) el máximo consumo de forraje se da con eficiencias de cosecha de 26%, lo que implica que, en campo natural para maximizar el consumo se debe ofertar al animal cuatro veces más de lo que puede consumir. Esto tiene dos justificaciones, primeramente, que la estimación de la disponibilidad de forraje se hace desde el nivel del suelo y el animal no es capaz de consumir en ese estrato. A su vez, debe promoverse el posterior rebrote por parte de las estructuras remanentes del tapiz (Wallau et al., 2017).

Los niveles crecientes en la OF determinan respuesta cuadrática para las variables ganancia media diaria (GMD) y ganancia por unidad de área (Moojen & Maraschin, 2002; Setelich, 1994). Moojen y Maraschin (2002) determinaron GMD máximas de 0,540 kg PV/a/día a nivel de OF 13,4%, y ganancias por unidad de área máximas de 185 kg PV/ha a OF 11,8%. En cuanto a la carga, expresada como animales/día, se relacionó de forma lineal e inversa a los niveles crecientes de OF.

Manejos estacionales de la OF, utilizando OF 8% en primavera y 12% el resto del año, permiten maximizar las ganancias diarias individuales y por área (Aguinaga et al., 2004; Mezzalira et al., 2012; Pinto et al., 2008); incluso manteniendo ganancias en el período otoño - invierno (Aguinaga et al., 2004). De todos modos, es importante resaltar el efecto año. Mezzalira et al. (2012), aún con este manejo aplicado, obtuvieron pérdidas de peso invernales, atribuibles a condiciones climáticas de bajas temperaturas que disminuyeron la disponibilidad y calidad del forraje.

2.5 Efecto del método de pastoreo

2.5.1 En la producción de forraje

En campo natural, basado en una detallada revisión de experimentos internacionales, Briske et al. (2008) reportaron que el 89% de los trabajos, a cargas animales similares, no presentaron diferencias en la producción de forraje. Para complementar la afirmación anterior, Gammon (1978) no determinó diferencias en la producción de forraje entre pastoreo continuo y rotativo.

Heitschmidt et al. (1987a) apoyan la hipótesis de que la producción de forraje es variable según la carga animal aplicada, determinada por la cantidad y tamaño de las parcelas. Heitschmidt et al. (1987b) compararon la dinámica de crecimiento del forraje bajo pastoreo rotativo en pasturas naturales, con ocupaciones de corta duración (2 – 4 días), y pastoreo continuo, determinando comportamiento similar, con un marcado efecto año para ambos métodos de pastoreo. Sin embargo, la disponibilidad de forraje fue mayor en pastoreo continuo, dada la mayor acumulación de material senescente; así mismo, plantean que los resultados podrían haber estado más asociados a efectos de la carga animal - que fue mayor en los rotativos - y no respecto al método.

Hart et al. (como se cita en Holechek et al., 1989) estudiaron durante 6 años realizando experimentos bajo distintos métodos de pastoreo (diferido, de corta duración y continuo) a igual intensidad y no encontraron diferencias en la producción de forraje.

A nivel regional, a partir de experimentos en Río Grande del Sur, De Souza et al. (1989) sostienen que el período de descanso afecta la producción de forraje (kg MS/ha) y la carga animal a utilizar, al encontrar que los mayores valores de ambas variables se lograron en pastoreo rotativo con 56 días de descanso; siendo el mejor tratamiento respecto al continuo y las restantes frecuencias evaluadas (14, 28, 42 y 70 días) que no se diferenciaron significativamente entre sí.

Perin (1990), evaluando dos años de aplicación pastoreo continuo y pastoreo rotativo a diferentes períodos de descanso (21, 35, 49, 63 y 77 días), con niveles de OF fija (6 y 8%, en el primer y segundo año, respectivamente), no determinó respuesta significativa ni un patrón claro en la producción de forraje asociada a los días de descanso; atribuyendo los resultados a un marcado efecto año y a la composición botánica del tapiz con alta frecuencia de gramíneas postradas, *Axonopus affinis* y *Paspalum notatum*, más

adaptadas al pastoreo frecuente respecto a las cespitosas (Youngner, como se cita en Perin, 1990).

En suelos de la Unidad San Manuel (Formación Fray Bentos) en la EEMAC, las frecuencias diferenciales (20 a 60-80 días) entre pastoreos pueden provocar aumentos leves en la producción de forraje (Boggiano et al., 2005).

2.5.2. En la estructura de la pastura

Tanto el pastoreo continuo como el rotativo se diferencian en la dinámica de defoliación por parte de los animales. En el caso del continuo, los animales concentran la actividad en un único estrato mientras que en el pastoreo rotativo defolian desde estratos superiores a inferiores de manera uniforme (Waite, como se cita en Wade & Agnusdei, 2001).

En base a revisión internacional, se afirma que pastoreos continuos tienen el potencial de afectar de forma negativa la distribución espacial del pastoreo y como consecuencia incrementar la heterogeneidad del tapiz (Di Virgilio et al., 2019).

En pastoreo continuo sobre grandes áreas es aún más notorio el efecto del incremento de la heterogeneidad del tapiz debido a la capacidad de selección de los animales, generando manchones de baja altura en la pastura, alta palatabilidad y bajo contenido de fibra (Laca, 2011). En pastoreo rotativo se reduce dicha variabilidad espacial como consecuencia del aumento de la carga animal instantánea y minimizando la capacidad de selección animal, así como también aumentando la eficiencia de cosecha (Heitschmidt, como se cita en Sollenberger et al., 2012).

Barnes et al. (2008) evaluaron la heterogeneidad en el uso de las pasturas según el tamaño de las parcelas, concluyendo que a menor tamaño (mayor densidad de animales), el uso es más homogéneo, respecto a parcelas de mayor tamaño sometidas a pastoreo continuo. Por otra parte, la disponibilidad de forraje no tuvo relación con la heterogeneidad en la utilización del forraje.

2.5.3. En la composición botánica

La composición botánica de una pastura puede ser modificada a través de cambios en el método de pastoreo, siendo el período de descanso la variable fundamental en determinar la evolución debido a que determina el tiempo de recuperación de la pastura (Boggiano et al., 2005).

Las gramíneas muestran gran adaptación a diferentes frecuencias de pastoreo, explicada por la coexistencia de especies de diferentes hábitos de crecimiento y plasticidad morfológica; frecuencias altas de pastoreo generan una disminución en el tamaño de las plantas, incrementa la presencia de especies postradas, tolerantes a condiciones de pastoreo, y disminuye la frecuencia de especies cespitosas (Boggiano et al., 2005).

Boggiano et al. (2005) determinaron, en suelos de la Unidad San Manuel, que cambios en el manejo del pastoreo de continuos a rotativos presentan respuestas diferentes según la zona topográfica y diferentes períodos de descanso. En laderas, al aumentar la frecuencia de pastoreo, las malezas enanas fueron desplazadas por gramíneas postradas como *Paspalum notatum*, dada la mejor adaptación morfológica de esta especie a dichos manejos. En el bajo, el aumento en la frecuencia de pastoreo reduce la presencia de especies de alto porte como *Paspalum quadrifarium* permitiendo la promoción de malezas enanas, favorecidas por mejores condiciones de luminosidad.

Por otro lado, Boggiano et al. (2005) determinaron que, al disminuir la frecuencia de pastoreo, en zonas de ladera, aumentó la producción de forraje invernal, con un "refinamiento" de las pasturas, dada la promoción de especies finas como *Festuca arundinacea* y *Stipa setigera*, especies cespitosas que compiten frente a especies postradas o mejor adaptadas a condiciones de sobrepastoreo, como *Paspalum notatum*. Así mismo, disminuyen especies no palatables (*Baccharis trimera*, *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Eupatorium buniifolium* y *Eryngium horridum*); sólo consumidas frente a altas cargas instantáneas. En zonas de bajos, la respuesta es similar a la ladera, pero el aumento en producción de forraje se detectó hacia la primavera – verano, explicado por el aumento en proporción de especies estivales de alto porte, como *Paspalum quadrifarium*, que sombrean y desplazan a otras especies cespitosas, disminuyendo la calidad de la dieta. En zonas superficiales, incrementaron leguminosas como *Medicago lupulina*, aumentando la fertilidad del suelo, promoviendo el desarrollo de gramíneas productivas.

2.5.4. En la producción animal

A partir de la investigación de ciertos experimentos sobre pasturas naturales, se determinó que en un 57% de estos, no se detectaron diferencias significativas en

producción animal individual ni por área entre métodos de pastoreo rotativo y continuo (Briske et al., 2008).

Gammon (1978), continua con la misma afirmación en base a revisión de experimentos sobre métodos de pastoreo donde concluyen que pastoreos rotativos dan como resultado iguales o incluso peores producciones animales que pastoreos continuos.

Barnes y Denny (1991) tampoco encontraron diferencias en la producción animal individual como tampoco por área en comparación de ambos métodos de pastoreo.

Holechek et al. (1989), también en base a revisión, encontraron que, en la mayoría de los casos, la producción animal individual obtenida fue mejor para pastoreos continuos respecto a rotativos; lo cual fue explicado por la mayor oportunidad de selección y menores disturbios ocasionados por el animal en pastoreo.

A nivel regional, De Souza et al. (1989), determinaron que las mejores ganancias diarias, 0,298 kg PV/a/día, se logran en pastoreo rotativo con 28 días de frecuencia de defoliación, así como también, las ganancias por unidad de área, que promediaron 214 kg PV/ha/año.

A nivel nacional, Dos Santos et al. (1992), no encontraron respuestas significativamente diferentes en GMD y por unidad de área dadas por el método de pastoreo, rotativo o continuo.

2.6. Interacción entre método de pastoreo y carga animal

La carga animal ha sido identificada como el factor más importante determinante del rendimiento general de los sistemas de pastoreo, incluyendo la productividad, la sostenibilidad y la composición de la vegetación (Hart et al., Hickman et al., como se cita en Laca, 2009).

A partir de resultados experimentales, Heitschmidt et al. (1987a) concluyen que las diferencias en productividad tanto animal como de forraje, son mayormente debidas a la carga animal y no al método utilizado).

Briske et al. (2008), luego de amplia revisión de trabajos a nivel internacional, resumen que no se detectaron diferencias significativas entre ninguno de los dos métodos, similar a lo reportado por Di Virgilio et al. (2019).

A nivel nacional, a través de investigaciones relacionando métodos de pastoreo y niveles de carga en distintas combinaciones, tampoco se encontraron resultados que

demuestren diferencias a favor de alguno de los métodos de pastoreo. De lo contrario, se volvió a concluir que el factor principal de las diferencias en producción animal y de forraje fue la carga animal (Berretta, 2005; Carrera et al., 1996; Dos Santos et al., 1992; Formoso, 2005; Gaggero et al., 1996).

Con respecto a las modificaciones en la composición botánica del tapiz, existen experimentos, a nivel regional y nacional, que han detectado respuestas diferenciales de las especies a modificaciones en la frecuencia e intensidad de pastoreo (Berretta, 2005; Boggiano et al., 2005; Do Carmo et al., 2013; Rosito & Maraschin, 1984); siendo aportes claves para predecir la evolución en la composición del tapiz, según sea el punto de partida, frente a cambios en el manejo del pastoreo. La respuesta de las especies dominantes difiere según el hábito de crecimiento y tipo productivo, y de su tolerancia o capacidad de adaptarse al pastoreo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

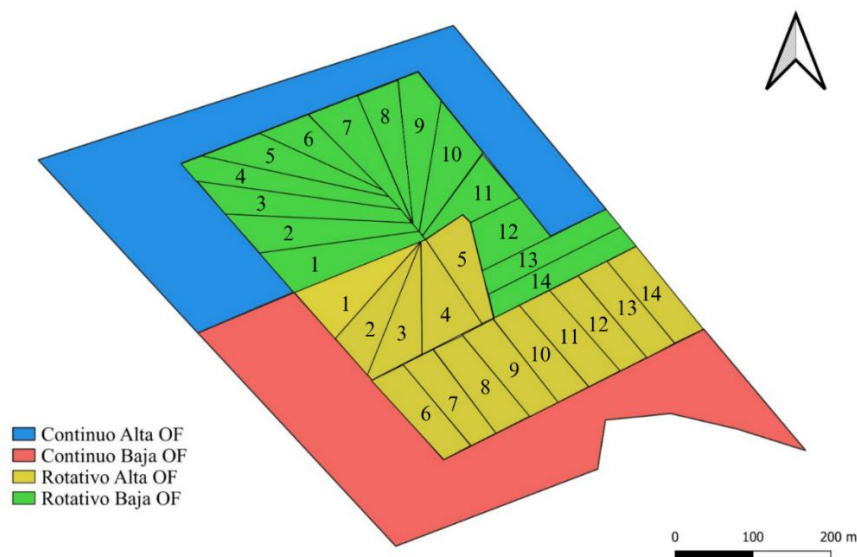
3.1 Ubicación espacial y periodo experimental

El experimento fue realizado en el Potrero 13 de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía. La misma está situada en el kilómetro 363 de la Ruta 3, en el departamento de Paysandú, Uruguay. Dicha investigación estuvo comprendida entre el 24 de julio hasta el 30 de octubre del 2023.

El área experimental ocupa 37,8 hectáreas, subdividido en 4 unidades de 9,4 hectáreas cada una. Dos de las mismas corresponden a los tratamientos de pastoreo continuo mientras que las otras dos a tratamientos de pastoreo rotativo, donde cada una de las superficies está dividida en 14 parcelas de 0,67 hectáreas (figura 3).

Figura 3

Croquis del experimento



Nota. Elaborado utilizando el programa QGis (QGis Development Team, 2022).

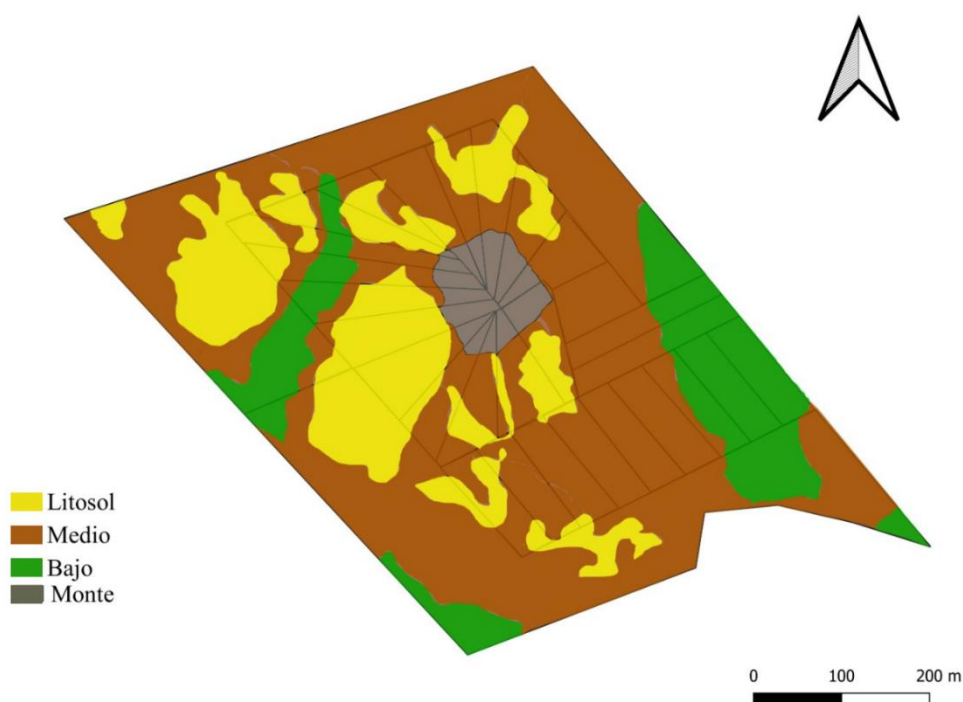
El área experimental se encuentra sobre la formación geológica Fray Bentos, en la unidad de suelos San Manuel, donde predominan mayormente brunsoles éutricos típicos de textura limo arcilloso, de drenaje moderado y asociados a suelos de tipo brunsoles éutricos lúvicos y solonetz solodizados melánicos. Presenta un relieve de lomadas suaves y pendientes moderadas, y como material generador, sedimentos limosos consolidados (Durán, 1976).

El área en estudio corresponde a un campo natural (CN) restablecido, donde la última labranza se realizó en 1978, sembrándose un cultivo de trigo con una pradera consociada compuesta por *Festuca arundinacea* cv K31, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens* (P. Boggiano, comunicación personal, s.f.).

El área se clasificó en tres zonas según las características similares del suelo en Litosol, Medio y Bajo, tomando como referencia el mapa de clasificación de zonas en estudios anteriores.

Figura 4

Mapa de clasificación de las zonas de estudio



Nota. Elaborado utilizando el programa QGIS (QGIS Development Team, 2022) a partir del mapa de suelos de la EEMAC (F. Casalás, comunicación personal, 16 de marzo, 2023) e imágenes satelitales de Google Earth (2024) en las coordenadas 402718.19 m E y 6415840.98 m S.

3.2 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron los métodos de pastoreo continuo (C) y rotativo (R) y oferta de forraje (OF) clasificada como "Alta" y "Baja", lo que resulta en cuatro tratamientos, producto de la combinación de los dos factores a dos niveles cada uno.

Con respecto a los niveles de oferta de forraje (kg MS/100 kg PV), la OF "Alta" correspondió a 8% en otoño-invierno y 12% en primavera-verano mientras que la "OF Baja" fue de 4% en otoño-invierno y 8% en primavera-verano.

El experimento fue dividido en periodos, según las fechas de medición. El periodo 1 comprendió desde el 24/07/2023 al 28/08/2023 (36d), al cual se lo nombró como “Inv” dado que correspondía al invierno. El periodo 2 correspondió al periodo entre el 29/08/2023 al 25/09/2023 (28d) y se le denominó InvPri por la época en la cual se ubicó y finalmente el periodo 3 que abarcó desde el 26/09/2023 al 30/10/2023 (35d) llamado Pri en referencia a la primavera.

La cantidad de animales en pastoreo por tratamiento es definida a través del ajuste de la OF objetivo y disponibilidad promedio de materia seca, mediante la técnica “put and take” (Mott & Lucas, 1952) de forma mensual con pesaje de los animales experimentales, en ayuno de 10 a 12 horas.

Cabe destacar que durante el procedimiento del experimento hubo diferencias entre la oferta teórica y la oferta real. También detallar que tanto el periodo 1 y 2 correspondieron a la estación de invierno mientras que el 3 a la primavera. En el periodo 1, correspondiente a la estación de invierno las ofertas fueron de 8,5% y 5,6% para los tratamientos de alta oferta y 4,4% y 3,9% para los de baja oferta. En el periodo 2 las ofertas altas fueron de 12,9% y 9,3% y 7,0% y 7,9% fueron los valores de oferta de los tratamientos de baja oferta. Por último, en el periodo 3 los tratamientos de alta oferta registraron un 17,9% y 19,1% respectivamente mientras que los de baja oferta fueron de 12,3% y 11,6%.

3.3 Animales

Se trabajó con 4 lotes de novillos de raza Holando, los cuales sumaban un total de 64 animales. Cada lote correspondía a un tratamiento bajo una determinada carga previamente establecida. El peso promedio de los lotes al inicio del experimento fue de 290 kg (continuo de alta oferta), 301 kg (continuo de baja oferta), 315 kg (rotativo de alta oferta) y 335 kg (rotativo de baja oferta).

3.4 Procedimiento experimental

El experimento tuvo una duración de 90 días. En cuanto al manejo de los animales, los mismos se pesaban una vez al mes para registrar la evolución en el peso. Con respecto a los tratamientos, los animales bajo pastoreo continuo no tenían intervenciones mientras que los que se encontraban bajo pastoreo rotativo debían ser cambiados de parcela a cada 2 a 4 días. La decisión de cambiar los animales de parcela era resultado de un cálculo entre la disponibilidad de forraje al entrar los animales a la parcela y la totalidad de

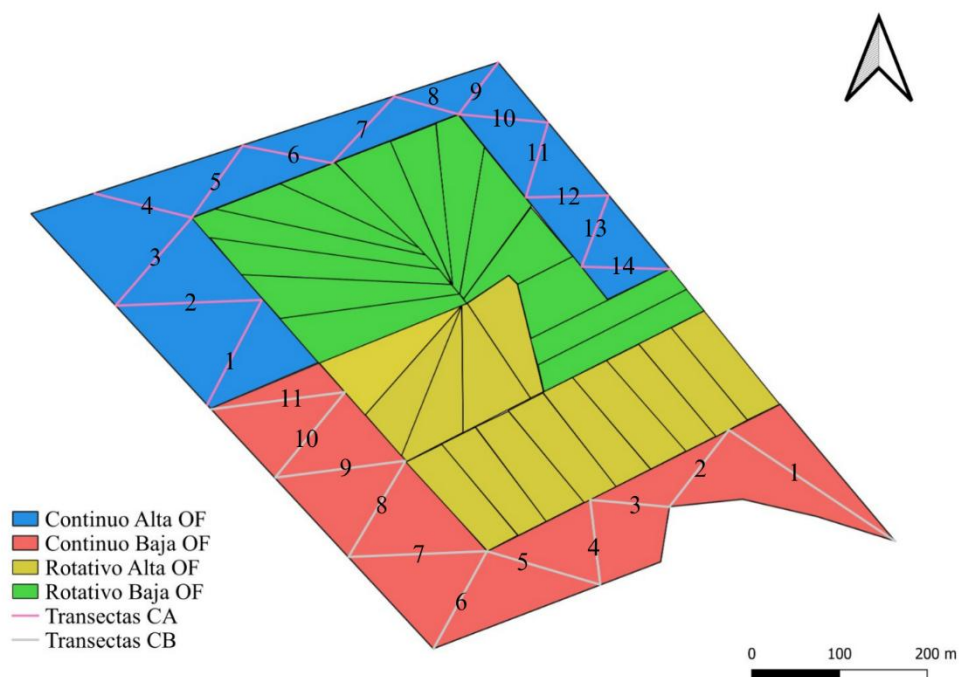
kilogramos de peso vivo que ingresaban a la misma. Esto resultó en un promedio de 3,3 y 3,4 días/parcela para el rotativo de baja oferta y rotativo de alta oferta respectivamente.

3.5 Registro y mediciones de altura

La altura de la pastura se registraba a cada 30 días en toda el área experimental. Las mismas eran registradas con una regla graduada, tomando como referencia la altura correspondiente a la lámina verde más alta que tocara la misma. En el caso de los potreros correspondientes al pastoreo continuo se realizaban 300 medidas de altura, distribuidas en puntos marcados sobre transectas fijas, utilizando un programa llamado "Field Area Measure". En el caso de los potreros correspondientes al pastoreo rotativo, los mismos estaban subdivididos en 14 parcelas, dentro de cada una de las mismas se tomaban 15 medidas de altura distribuidas en forma homogénea, totalizando 210 puntos por potrero.

Figura 5

Croquis con recorrido de transectas fijas para tratamientos de pastoreo continuo



Nota. Elaborado utilizando el programa QGis (QGis Development Team, 2022).

También, en el caso de los potreros correspondientes al pastoreo rotativo, luego de cada cambio de parcela se registraba la altura tanto de la parcela la cual los animales eran retirados (remanente) como de la parcela a la cual los mismos ingresarían (disponible). El método para la medición fue el mismo que el utilizado para las medidas mensuales de los potreros bajo este método de pastoreo.

3.6 Tasa de crecimiento (TC) y materia seca presente (MSP)

También de manera mensual, en los potreros bajo pastoreo continuo se realizaban cortes en 15 jaulas de exclusión, 8 de ellas correspondientes al tratamiento continuo de baja oferta y los 7 restantes al continuo de alta oferta. Dichas jaulas estaban situadas, previo al comienzo del periodo experimental, en zonas representativas de comunidades del tapiz vegetal asociadas a tipo de suelo.

De esta manera se calculó las tasas de crecimiento, así como también la disponibilidad de forraje.

El forraje cortado se asociaba a medidas de altura registradas en la muestra previo al corte, comprendido en una jaula de 1x1 metro. Luego de realizado la medida de altura y el corte correspondiente a cada una de las jaulas, se volvían a instalar nuevamente en una zona cercana que contara con un tapiz vegetal lo más parecido posible.

Luego, las muestras de los cortes de jaulas eran llevados a laboratorio donde eran pesados en una balanza electrónica. Seguidamente a cada muestra se le separaba el material seco del material verde pesándolo individualmente y así determinar el peso del forraje verde y el seco.

Posteriormente, las muestras se introducían en una estufa con circulación de aire forzado a 60 °C por 72 horas. Pasado dicho tiempo se pesaban nuevamente para determinar su peso seco.

En cuanto a la tasa de crecimiento diaria (kg MS/ha/día), se obtenía dividiendo la materia seca acumulada entre el número de días del periodo de acumulación.

Para calcular la materia seca acumulada, se restaba de la materia seca presente dentro de las jaulas la estimación de la materia seca presente al momento de poner la jaula. Esta estimación se realizaba cortando un área similar en altura, densidad y composición botánica, a la pastura presente en el área de la jaula al colocar la misma treinta días antes.

Para convertir la información de altura de la pastura en kg/ha de MS se utilizó la relación kg MS/cm obtenida de los cortes dentro y fuera de las jaulas.

Con la información relevada se construyó una matriz donde se subdividían los tratamientos tanto de pastoreo continuo como rotativo en los tres periodos de medición. A su vez, dentro de cada periodo, las medidas correspondientes al pastoreo continuo

fueron subdivididas de acuerdo con transectas correspondientes a tipos de suelo mientras que las medidas correspondientes al pastoreo rotativo fueron subdivididas a las parcelas asociadas a tipo de suelo y que fueron pastoreadas durante cada uno de esos periodos de medición. De esta manera, fue posible analizar las producciones de forraje por estación y por zona.

3.7 Composición de la materia seca presente

Para determinar la contribución de los componentes a la materia seca presente, se aplicó el método Botanal (fuente) el 27/8, siendo el mismo método utilizado para los cuatro tratamientos. A grandes rasgos, dicho método permite describir por cuales especies está compuesto el tapiz y a su vez, cuáles son las principales especies que aportan a las masas de forraje presente.

El muestreo se desarrolló tomando 60 muestras por tratamiento. Cada una de ellas fue producto de colocar un aro de 38,5 cm de diámetro en el suelo, en los puntos de muestreo previamente establecidos. La composición del tapiz fue descrita por estimación visual, donde se detallaba cuáles eran las especies presentes dentro del aro para luego determinar el aporte en porcentaje de cada una de ellas. La clasificación de especies fue desarrollada bajo un abanico de 24 grupos de componentes, siendo especies clasificadas por su hábito de vida, ciclo de crecimiento y tipo productivo, especies particulares (estudiadas independientemente por su interés), y restos secos. Los valores de proporción se asignan de acuerdo con códigos preestablecidos, que consideran la partición hasta en 5 componentes, sumando en torno a 100%. Los grupos considerados fueron especies finas-tierno finas y tierno ordinarias, ordinarias, duras y malezas.

Con respecto a la distribución de puntos en los tratamientos de pastoreo continuo, estos fueron distribuidos de manera homogénea a lo largo de las transectas que fueron utilizadas para las medidas de altura, de manera de poder también asignar a cada zona representada por cada una de las mismas, una caracterización del tapiz.

En el caso de los pastoreos rotativos, se seleccionaron 6 parcelas por tratamiento de manera de poder representar las zonas en estudio. En cada una de las parcelas se tomaron 10 puntos de muestreo distribuidos homogéneamente.

Para realizar dicho estudio se agruparon especies para facilitar dicho procedimiento. La agrupación se realizó en base a los tipos productivos en especies finas,

tiernas y tierno ordinarias (T/TF/TO) tanto para especies estivales como invernales (Rosengurtt, 1979).

Con respecto a la parte animal, los mismos fueron pesados de manera mensual con 12 horas de ayuno.

3.8 Diseño experimental

Los factores a dos niveles cada uno fueron estudiados en un arreglo factorial y las combinaciones de niveles de factores (tratamientos) se asignaron aleatoriamente a las unidades experimentales.

Para el análisis de las variables de la pastura se consideraron pseudoreplicas en cada tratamiento, que correspondieron a dos sitios por tipo de suelo.

3.8.1 Modelo estadístico

3.8.1.1. 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 j-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 y la composición botánica. Para las variables se realizó un análisis de todo el periodo evaluado, además de un análisis considerando los 3 subperiodos del periodo experimental. Se analizaron en primer lugar las 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.

3.8.1.2. 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:

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

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%.

Como detalle, aquí se subdividió el periodo en dos tomando como referencia la estación del año, agrupando así los datos correspondientes al invierno para los primeros dos periodos y el tercer periodo a la primavera.

3.8.2. Hipótesis estadísticas:

Ho: no existe efecto del tipo de suelo sobre las variables de la pastura

Ha: existe efecto del tipo de suelo sobre las variables de la pastura

Ho: no existe efecto del periodo sobre las variables de la pastura

Ha: existe efecto del periodo sobre las variables de la pastura

Ho: no existe efecto de la oferta de forraje sobre las variables estudiadas

Ha: existe efecto de la oferta de forrajeo sobre las variables estudiadas

Ho: no existe efecto del método de pastoreo sobre las variables estudiadas

Ha: existe efecto del método de pastoreo sobre las variables estudiadas

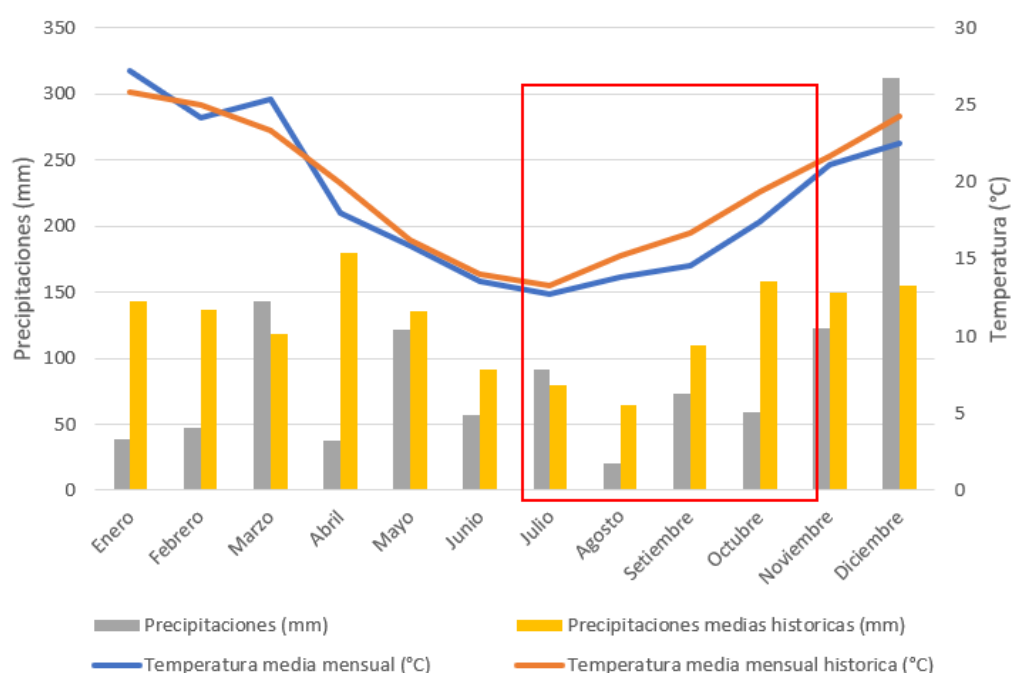
4. RESULTADOS

4.1 Datos meteorológicos

Se presenta a continuación la información correspondiente a las precipitaciones y a la temperatura para el año 2023, brindada por la Estación Meteorológica de EEMAC con las precipitaciones y temperaturas medias históricas mensuales de Paysandú comprendidas entre 1991 a 2020, recopiladas del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, s.f.).

Figura 6

Gráfico de datos históricos promedio de temperatura (°C) y precipitaciones (mm) vs datos recogidos en periodo experimental



Como se detalla en la Figura 6, se aprecia una notoria diferencia en las precipitaciones ocurridas durante el periodo en estudio comparado con la media histórica. En agosto la precipitación estuvo cercano a los 50 mm por debajo del registro histórico, en setiembre fue aproximadamente 35 mm y en octubre en torno a 100 mm por debajo de la media histórica. A partir de esto se puede pensar en un efecto negativo sobre la producción de forraje con consecuencia sobre una disminución en la producción secundaria (producción de carne).

Ayala y Bermúdez (1992) encontraron que en invierno no existió una asociación entre la lluvia y la producción de forraje, sin embargo, las estaciones de verano y

primavera presentaron una respuesta de 2,1 y 1,9 kg/ha de materia seca por mm de lluvia acumulado en la estación.

Dado que el experimento abarca los meses de setiembre y octubre, se puede concluir que, debido a una diferencia de aproximadamente 135 mm entre ambos meses con respecto a las precipitaciones medias históricas en el periodo experimental, se apreció una caída de producción de forraje de 256 kg/ha de materia seca.

En cuanto a la temperatura, el grafico ilustra valores inferiores registrados para el periodo estudiado, lo que determina un periodo invernal más frio. En julio, la temperatura se ubicó 1 °C por debajo del histórico, de la misma forma ocurrió en agosto 2 ° por debajo, 3 ° menos en setiembre y 2 ° en octubre.

Ayala y Bermúdez (1992) reportaron que ni en invierno ni en verano hubo una asociación entre la temperatura media y la producción de materia seca. Sin embargo, concluyeron que en otoño y en primavera había una respuesta de 498 y 322 kg/ha de materia seca respectivamente por cada grado centígrado de temperatura media estacional.

Al igual que en el estudio del efecto de las precipitaciones sobre la producción de forraje, aquí también encontramos diferencias negativas en cuanto a las temperaturas promedio en comparación con las históricas para los meses de setiembre y octubre que corresponden a la primavera. En este sentido se puede mencionar que dicho periodo no se contó con 1610 kg/ha de materia seca, debido al efecto de la temperatura.

4.2 Introducción.

La información que se presenta a continuación fue obtenida mediante el análisis de Tukey realizado con niveles de significancia del 5% y 10%. Las variables independientes fueron la oferta (alta y baja), el método de pastoreo (continuo y rotativo) y el tipo de suelo (bajo, medio y litosol) así como también las interacciones oferta/método, oferta/tipo de suelo y método/tipo de suelo.

4.3 Datos de la pastura

4.3.1. Altura

Con respecto a la altura del forraje disponible promedio de la pastura, se observa un efecto del método de pastoreo sobre la misma. El pastoreo rotativo presentó una media de 6,59 cm mientras que la del pastoreo continuo fue de 4,70 cm. Sin embargo, ni la oferta ni el tipo de suelo fueron significativos frente a esta variable presentando una media de 5,64 cm.

4.3.2 Contribución de especies en la materia seca total (%)

4.3.2.1. Especies estivales

4.3.2.1.1. Especies finas, tiernas y tiernas ordinarias

La contribución acumulada de las especies estivales finas, tiernas y tiernas ordinarias presentó efecto de la oferta de forraje y el tipo de suelo.

Tabla 1

Efecto de oferta de forraje x tipo de suelo sobre contribución (%) especies estivales (T/TF/TO)

| Oferta de Forraje | Contribución (%) | E.E. | |
|-------------------|------------------|------|----|
| Baja | 19,98 | 2,52 | A |
| Alta | 12,67 | 2,42 | B |
| Suelo | Medias | E.E. | |
| Medio | 22,54 | 2,73 | A |
| Bajo | 15,94 | 3,25 | AB |
| Litosol | 10,48 | 3,11 | B |

Tabla 2

Efecto del tipo de suelo sobre la contribución (%) acumulada de especies estivales (T/TF/TO)

| Suelo | Contribución (%) | E.E. | |
|---------|------------------|------|----|
| Medio | 22,54 | 2,73 | A |
| Bajo | 15,94 | 3,25 | AB |
| Litosol | 10,48 | 3,11 | B |

En la tabla 1 se observa una clara superioridad por parte del método de baja oferta sobre el ~~del~~ método de alta oferta mientras que, referido al tipo de suelo, en la tabla 2 hay notorias diferencias entre los suelos medios y litosoles.

El efecto referido a la oferta esta explicado por el aporte de las especies perennes estivales finas que presentaron diferencias significativas con un 4,35% en ofertas bajas y un 1,13% en ofertas altas. Acompañando dicha afirmación, las especies perennes estivales tiernas y tiernas ordinarias también presentaron diferencias significativas con aportes del 1,07% en ofertas bajas y un 0% en ofertas altas.

En cuanto al tipo de suelo, el *Axonopus affinis* y el *Paspalum notatum* explican gran parte del resultado ya que ocupan un 19,65% de los suelos medios mientras que en los bajos presentaron un valor de 10,36% y un 8,96% en los litosoles sin presentar diferencias significativas entre estos dos. Además, las especies perennes estivales tiernas y tiernas-ordinarias en su conjunto también presentaron diferencias significativas según el tipo de suelo siendo que en los bajos ocupan un 1,54% y en tanto en suelos medios y litosoles presentaron valores de 0%.

4.3.2.1.2. *Cynodon dactylon* & *Bouteloua megapotamica*

Bouteloua megapotamica y *Cynodon dactylon*, presentaron efectos de las interacciones oferta de forraje x tipo de suelo como en el método de pastoreo x tipo de suelo. Con respecto a la primera interacción, dichas especies representaron el 22,06% del tapiz de los litosoles de baja oferta, diferenciándose significativamente del resto de las distintas combinaciones que no se diferenciaron entre sí. En cuanto a la interacción del método de pastoreo x tipo de suelo encontramos que la mayor proporción de estas dos especies se encontró en los litosoles bajo pastoreo rotativo con una media de 17,75% mientras que los menores valores se encontraron en los suelos medios y bajos en ambos métodos de pastoreo. Hubo un resultado intermedio en los litosoles bajo pastoreo continuo con una media de 9,25%.

4.3.2.1.3. Especies ordinarias

Analizando los resultados obtenidos, se debe mencionar que las especies estivales de tipo productivo ordinario hay efectos significativos en las interacciones de oferta x tipo de suelo y método x tipo de suelo.

Tabla 3

Efecto de interacción oferta x tipo de suelo sobre contribución (%) de especies estivales ordinarias

| Oferta de Forraje | Suelo | Contribución (%) | E.E. | |
|-------------------|---------|------------------|------|----|
| Baja | Litosol | 27,37 | 3,63 | A |
| Alta | Medio | 20,92 | 3,00 | AB |
| Alta | Litosol | 20,38 | 3,63 | AB |
| Baja | Medio | 12,14 | 3,14 | BC |
| Baja | Bajo | 10,92 | 4,01 | BC |
| Alta | Bajo | 6,48 | 3,63 | C |

En el cuadro precedente se observan diferencias entre los litosoles sometidos a ofertas bajas obteniendo la mayor media, mientras que el tratamiento de alta oferta para los suelos bajos se observa la menor contribución. Los resultados intermedios no presentaron diferencias entre sí.

Tabla 4

Efecto de interacción método x tipo de suelo sobre contribución de especies estivales ordinarias

| Método de Pastoreo | Suelo | Contribución (%) | E.E. | |
|--------------------|---------|------------------|------|----|
| Continuo | Litosol | 11,38 | 2,13 | A |
| Rotativo | Medio | 10,75 | 2,61 | A |
| Continuo | Medio | 2,38 | 1,41 | AB |
| Continuo | Bajo | 2,00 | 2,36 | AB |
| Rotativo | Litosol | 1,52 | 2,61 | AB |
| Rotativo | Bajo | 0,61 | 2,61 | B |

En esta interacción tanto el método continuo en los litosoles como el método rotativo en suelos medios se destacaron con las mayores coberturas, así como el método rotativo en suelos bajos presento la menor cobertura; el resto de las interacciones presentaron valores intermedios sin diferencias significativas.

4.3.2.1.4. Especies duras

Las especies estivales duras presentaron diferencias únicamente para la interacción de la oferta de forraje x tipo de suelo.

Las mismas están explicadas mayoritariamente por la contribución del *Paspalum quadrifarium*. En los suelos bajos, pastoreados a ofertas bajas dicha especie aportó un 10,09% diferenciándose del resto de las combinaciones.

4.3.2.2. Especies invernales

4.3.2.2.1. Especies finas, tiernas y tierno ordinarias

Para el grupo de gramíneas invernales que engloba la contribución de tipos productivos fino, tierno y tierno ordinario, encontramos efectos significativos para la interacción de la oferta de forraje x método de pastoreo.

Tabla 5

Efecto de interacción oferta de forraje x método de pastoreo sobre contribución (%) de invernales (t/tf/to)

| Oferta de Forraje | Método de Pastoreo | Contribución (%) | E.E. | |
|-------------------|--------------------|------------------|------|----|
| Alta | Rotativo | 55,26 | 7,27 | A |
| Baja | Rotativo | 38,07 | 7,27 | AB |
| Baja | Continuo | 31,24 | 5,83 | B |
| Alta | Continuo | 25,44 | 5,22 | B |

En la tabla 5 se destaca la interacción entre alta oferta de forraje bajo pastoreo rotativo con coberturas superiores frente a los tratamientos bajo pastoreo continuo.

El principal grupo de especies que representa dicho resultado fue el de especies anuales invernales finas. El tratamiento de alta oferta en pastoreo rotativo represento la

mayor proporción de este tipo de especies con un 26,30% mientras que el menor valor se encontró en el tratamiento de alta oferta en pastoreo continuo con un 1,38%. Por último, los valores intermedios se obtuvieron en ambos tratamientos de baja oferta sin presentar diferencias significativas entre sí.

4.3.2.2.2. Hierbas menores & enanas

Con respecto a la contribución de las hierbas menores y enanas, hubo diferencias significativas en la contribución de las mismas dependiendo del tipo de suelo.

Tabla 6

Efecto del tipo de suelo sobre la contribución (%) de hierbas menores y enanas

| Suelo | Contribución (%) | E.E. | |
|---------|------------------|------|----|
| Litosol | 16,03 | 3,18 | A |
| Medio | 8,00 | 2,79 | AB |
| Bajo | 6,74 | 3,32 | B |

En los litosoles se aprecia una mayor cobertura que en los suelos bajos, con coberturas intermedias en los suelos medios que no se diferenciaron de los anteriormente nombrados.

La variación registrada se debe a la distribución de las hierbas enanas la cual está influenciada por las características edáficas, las cuales alcanzaron sus valores más elevados en los litosoles (13,51%), en suelos medios presentaron los valores más bajos (4,70%), mientras que los suelos bajos mostraron un valor intermedio (5,15%).

4.3.3. Producción de forraje

Para el análisis de los resultados se decidió subdividir por zonas según el tipo de suelo (bajo, medio y litosol).

4.3.4. Análisis por zona

4.3.4.1. Suelos bajos

4.3.4.1.1. Altura disponible

En este tipo de suelos, la altura del disponible. presento efecto para la interacción período x método de pastoreo.

Tabla 7

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura (CM) de (MSD) en bajos

| Período | Método de Pastoreo | Altura (cm) | E.E. | |
|---------|--------------------|-------------|------|----|
| Inv | Rotativo | 15,53 | 2,10 | A |
| Pri | Rotativo | 14,08 | 0,96 | A |
| InvPri | Rotativo | 11,42 | 0,96 | AB |
| InvPri | Continuo | 6,61 | 0,96 | BC |
| Pri | Continuo | 5,64 | 0,96 | C |
| Inv | Continuo | 5,23 | 0,96 | C |

En la tabla anterior se observa que la altura de la materia seca disponible es mayor en los pastoreos rotativos, con diferencias significativas entre los pastoreos rotativos en los periodos Pri y Inv frente a los pastoreos continuos y el pastoreo rotativo en InvPri se diferencia del pastoreo continuo en los periodos Inv y Pri.

Sin embargo, al analizar estas dos variables por separado se observa que el efecto periodo no presentó diferencias significativas mientras que si lo hizo el método dando como resultado una media de 13,31 cm para el rotativo y de 5,83 cm para el método continuo.

4.3.4.1.2. Materia seca presente

La siguiente variable analizada fue la materia seca presente, la cual presentó efectos significativos para los efectos del periodo y el método.

Tabla 8*Efecto del periodo sobre la materia seca presente (kg/ha) en suelos bajos*

| Período | Materia seca presente (kg/ha) | E.E. | |
|---------|-------------------------------|-------|---|
| Pri | 1746,09 | 65,13 | A |
| InvPri | 867,34 | 65,13 | B |
| Inv | 861,38 | 91,08 | B |

En la tabla se aprecia que el periodo Pri (3) se diferenció tanto de Inv como de InvPri presentando la mayor media de masa de forraje.

Tabla 9*Efecto del método de pastoreo sobre la materia seca presente (kg/ha) en suelos bajos*

| Método de Pastoreo | Materia seca presente (kg/ha) | E.E. | |
|--------------------|-------------------------------|-------|---|
| Rotativo | 1415,29 | 65,91 | A |
| Continuo | 993,56 | 53,18 | B |

Con respecto al efecto del método, el pastoreo rotativo presento mayores valores de masa de forraje que el pastoreo continuo.

4.3.4.1.3. Materia seca disponible

En la materia seca disponible, se observan efectos significativos de la interacción del periodo x método de pastoreo y de la oferta de forraje.

Tabla 10

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre materia seca disponible (kg/ha) en bajos

| Período | Método de Pastoreo | Materia seca disponible (kg/ha) | E.E. | |
|---------|--------------------|---------------------------------|--------|-----|
| Pri | Rotativo | 1924,08 | 91,38 | A |
| Pri | Continuo | 1568,09 | 91,38 | AB |
| InvPri | Continuo | 1317,48 | 91,38 | BC |
| Inv | Rotativo | 1196,91 | 201,22 | BCD |
| InvPri | Rotativo | 1015,69 | 91,38 | CD |
| Inv | Continuo | 831,62 | 91,84 | D |

Describiendo brevemente el resultado anterior se puede ver que en el periodo Pri no se detectan diferencias entre métodos de pastoreo. En Inv e InvPri hay diferencias en el pastoreo continuo, sin diferencias con el pastoreo rotativo.

Tabla 11

Efecto de oferta de forraje sobre materia seca disponible kg/ha en bajos

| Oferta de Forraje | Materia seca disponible (kg/ha) | E.E. | |
|-------------------|---------------------------------|-------|---|
| Alta | 1390,97 | 54,77 | A |
| Baja | 1233,01 | 63,63 | B |

Refiriendo al cuadro de arriba, se aprecia una superioridad significativa en la materia seca presente a favor del tratamiento de alta oferta de forraje.

4.3.4.1.4. Altura del forraje remanente

Para la altura de la materia seca remanente ~~case~~, la variable de mayor efecto fue la interacción de periodo x método. Los resultados ilustraron una diferencia significativa a favor del pastoreo continuo en Pri con una media de 10,27 cm frente al resto de los tratamientos mientras los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí.

4.3.4.1.5. Materia seca remanente

La interacción de periodo x método presentó resultados significativos y a su vez continúa siendo la única variable de efecto significativo. Los resultados demostraron que nuevamente el pastoreo continuo en Pri es el único que presenta diferencias significativas con una media de 2030 kg/ha ^y el resto de los tratamientos no presentaron diferencias entre sí.

4.3.4.1.6. Altura promedio

Por último, se analizó la altura promedio representada como la media de todos los puntos de medición correspondientes a cada potrero en el caso del continuo o parcela en el caso de los rotativos. Aquí se registraron efectos significativos por parte del periodo, así como también de la oferta de forraje y el método de pastoreo.

Tabla 12

Efecto del periodo sobre la altura promedio (cm) en suelos bajos

| Periodo | Altura (cm) | E.E. | |
|---------|----------------|------|---|
| Pri | 8,81 | 0,38 | A |
| InvPri | 7,41 | 0,38 | B |
| Inv | 7,36 | 0,54 | B |

Como se observa en la tabla anterior, el periodo Pri presentó diferencias por sobre los periodos restantes, con una media mayor de altura promedio del potrero.

Tabla 13

Efecto de la oferta de forraje sobre la altura promedio (cm) en suelos bajos

| Oferta Forraje | Altura (cm) | E.E. | |
|-------------------|-------------|------|---|
| Alta | 8,48 | 0,32 | A |
| Baja | 7,22 | 0,38 | B |

Con respecto a la oferta, el tratamiento de alta oferta superó al tratamiento de baja oferta en la altura promedio con diferencias significativas.

Tabla 14

Efecto del método de pastoreo sobre la altura promedio (cm) en suelos bajos.

| Método | Altura (cm) | E.E. | |
|----------|----------------|------|---|
| Rotativo | 9,40 | 0,39 | A |
| Continuo | 6,66 | 0,31 | B |

Por último, con respecto al método, el rotativo superó al continuo significativamente.

4.3.4.2. Suelos litosoles

Como segundo subgrupo de tipo de suelo se encuentra el litosol, unidad para la cual se estudiaron las mismas variables mencionadas anteriormente bajo el mismo régimen de tratamientos.

4.3.4.2.1. Altura disponible

Con respecto a la altura disponible, el efecto a resaltar fue resultado de la interacción de la oferta x método.

Tabla 15

Efecto de interacción oferta de forraje x método de pastoreo sobre altura disponible (CM) en litosoles

| Oferta Forraje | Método | Altura (cm) | E.E. | |
|----------------|----------|-------------|------|----|
| Alta | Rotativo | 9,81 | 0,53 | A |
| Baja | Rotativo | 6,73 | 0,55 | B |
| Alta | Continuo | 5,02 | 0,61 | BC |
| Baja | Continuo | 4,58 | 0,61 | C |

En referencia al resultado ilustrado anteriormente, la interacción del método rotativo a alta oferta se diferenció significativamente del resto de las combinaciones con una media de altura superior, así como el método continuo a baja oferta presentó la media más baja.

4.3.4.2.2. Masa de forraje disponible

En referencia a la masa de forraje promedio, tanto la oferta de forraje como la interacción del periodo x método presentaron resultados significativos.

Con respecto a la oferta, el tratamiento de alta presentó una media de 876 kg/ha diferenciándose del tratamiento de baja que presentó una media de 773 kg/ha.

En cuanto a la interacción mencionada anteriormente, el tratamiento continuo en el periodo Pri registró los mayores valores con una media de 1481 kg/ha mientras que para el tratamiento rotativo en el mismo periodo la media fue de 1031 kg/ha representando así el valor intermedio ya que el resto de las combinaciones presentaron valores más bajos y sin diferencias significativas entre sí.

4.3.4.2.3. Materia seca disponible

Siguiendo con la materia seca disponible se encontraron resultados significativos para la oferta de forraje y la interacción del periodo x método.

En cuanto a la oferta, el tratamiento de alta obtuvo una media de 1053 kg/ha diferenciándose significativamente del tratamiento de baja con una media de 867 kg/ha.

Para la interacción los resultados se muestran a continuación.

Tabla 16

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre materia seca disponible (kg/ha) en litosoles

| Período | Método | Materia seca disponible (kg/ha) | E.E. | |
|---------|----------|---------------------------------|-------|---|
| Pri | Continuo | 1481,34 | 63,74 | A |
| InvPri | Continuo | 1196,61 | 63,74 | B |
| Pri | Rotativo | 1031,69 | 69,82 | B |
| InvPri | Rotativo | 738,47 | 61,42 | C |
| Inv | Continuo | 665,48 | 63,74 | C |
| Inv | Rotativo | 637,16 | 45,07 | C |

El periodo Pri bajo pastoreo continuo obtuvo el valor más alto de materia seca disponible, seguido del InvPri bajo pastoreo continuo y el periodo Pri bajo pastoreo rotativo. Por último, la menor media correspondió al Inv bajo pastoreo rotativo.

4.3.4.2.4. Altura remanente

La altura remanente se presentó significancia para las interacciones de periodo con oferta de forraje y período con el método de pastoreo.

Tabla 17

Efecto de interacción periodo x oferta de forraje sobre altura remanente (cm) en litosoles

| Período | Oferta Forraje | Altura (cm) | E.E. | |
|---------|----------------|----------------|------|----|
| Pri | Alta | 10,10 | 0,62 | A |
| Pri | Baja | 5,93 | 0,39 | B |
| InvPri | Alta | 5,24 | 0,37 | BC |
| Inv | Alta | 4,48 | 0,37 | BC |
| InvPri | Baja | 4,36 | 0,49 | BC |
| Inv | Baja | 3,74 | 0,37 | C |

A modo de resumen de la tabla anterior, se puede decir que la interacción del periodo Pri bajo alta oferta presentó la media más alta de altura remanente diferenciándose de todo el resto de los tratamientos.

Tabla 18

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura remanente (cm) en litosoles

| Período | Método de Pastoreo | Altura (cm) | E.E. | |
|---------|--------------------|-------------|------|-----|
| Pri | Continuo | 9,57 | 0,44 | A |
| InvPri | Continuo | 5,37 | 0,44 | B |
| Inv | Continuo | 4,85 | 0,44 | BC |
| InvPri | Rotativo | 4,23 | 0,42 | BCD |
| Inv | Rotativo | 3,37 | 0,31 | CD |
| Pri | Rotativo | 2,81 | 0,48 | D |

Se observa en la tabla precedente que el tratamiento de pastoreo continuo en Pri superó significativamente al resto, siendo que el tratamiento que corresponde al pastoreo rotativo en Pri ocupó el último lugar con la menor media de altura remanente que igualmente no se diferenció ~~tanto~~ de la interacción del periodo Inv bajo pastoreo rotativo ni de la correspondiente al periodo InvPri bajo pastoreo rotativo. Igualmente, estos últimos dos tratamientos mencionados ocupan posiciones intermedias ya que no se diferenciaron de la interacción del periodo InvPri bajo pastoreo continuo ni de la correspondiente al Inv bajo pastoreo continuo.

4.3.4.2.5. Materia seca remanente

La materia seca remanente se comportó de igual manera que la altura remanente dando efectos significativos bajo las mismas interacciones (periodo x método de pastoreo y periodo x oferta de forraje).

En cuanto a la interacción periodo x método de pastoreo el tratamiento continuo en el periodo Pri presento el mayor valor con una media de 1897 kg/ha diferenciándose significativamente del resto de las combinaciones que no presentaron diferencias entre sí.

La interacción periodo x oferta de forraje presento los mayores remanentes en el tratamiento de alta oferta en el periodo Pri con una media de 2001 kg/ha. Como valor intermedio se destacó el tratamiento de baja oferta también en el periodo Pri con una media de 1175 kg/ha. Por último, el resto de las combinaciones no se diferenciaron entre si presentando así el conjunto de menor valor.

4.3.4.2.6. Altura media

La altura media se vio afectada por la oferta de forraje y la interacción de periodo x método.

Tabla 19

Efecto de la oferta de forraje sobre la altura media (cm) en litosoles

| Oferta Forraje | Altura (cm) | E.E. | |
|----------------|-------------|------|---|
| Alta | 6,42 | 0,28 | A |
| Baja | 5,16 | 0,27 | B |

Refiriendo a la oferta, la tabla muestra la superioridad por parte del tratamiento de alta oferta.

Tabla 20

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura media (cm) en litosoles

| Período | Método | Altura (cm) | E.E. | |
|---------|----------|----------------|------|----|
| Pri | Continuo | 7,47 | 0,49 | A |
| InvPri | Rotativo | 6,41 | 0,47 | AB |
| Inv | Rotativo | 5,45 | 0,35 | BC |
| Pri | Rotativo | 5,20 | 0,54 | BC |
| InvPri | Continuo | 5,11 | 0,49 | BC |
| Inv | Continuo | 4,51 | 0,49 | C |

En la tabla observamos que el tratamiento de pastoreo continuo en el Pri y el pastoreo rotativo en InvPri no presentan diferencias significativas entre sí. A su vez esta, ultima interacción se diferencia del pastoreo continuo en Inv sin diferencia de las restantes combinaciones.

4.3.4.3. Suelos medios

4.3.4.3.1. Altura disponible

Comenzando con la altura disponible, los mayores efectos estuvieron dados por el método de pastoreo y la interacción del periodo x oferta de forraje.

Con respecto al método de pastoreo, hubo superioridad por parte del rotativo con una media de 8,94 cm mientras que el continuo fue inferior con 5,33 cm.

En cuanto a la interacción, los resultados se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 21

Efecto de interacción periodo x oferta de forraje sobre altura disponible (cm) en suelos medios

| Período | Oferta de Forraje | Altura (cm) | E.E. | |
|---------|-------------------|-------------|------|----|
| InvPri | Alta | 8,34 | 0,74 | A |
| Pri | Baja | 8,04 | 0,67 | A |
| Inv | Alta | 7,22 | 0,53 | AB |
| Pri | Alta | 7,04 | 0,49 | AB |
| InvPri | Baja | 6,91 | 0,50 | AB |
| Inv | Baja | 5,27 | 0,53 | B |

A modo de resumen, tanto el tratamiento de alta oferta en el periodo InvPri así como el de baja oferta en el periodo Pri se diferencian significativamente del correspondiente al de baja oferta en Inv.

4.3.4.3.2. Materia seca presente

La materia seca presente es la siguiente variable analizada a describir. La misma mostro resultados con significancia bajo el efecto de la oferta de forraje, así como también de la interacción del periodo x método.

Tabla 22

Efecto de oferta de forraje sobre materia seca presente (kg/ha) en suelos medios

| Oferta de Forraje | Materia seca presente (kg/ha) | E.E. | |
|-------------------|-------------------------------|-------|---|
| Alta | 1008,39 | 39,73 | A |
| Baja | 893,56 | 36,90 | B |

En la tabla anterior se ve diferencia significativa a favor del tratamiento de alta oferta.

Tabla 23

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre MSP (kg/ha) en suelos medios

| Período | Método de Pastoreo | Materia seca presente (kg/ha) | <u>E.E.</u> | |
|---------|--------------------|--------------------------------|-------------|---|
| Pri | Continuo | 1646,05 | 52,32 | A |
| Pri | Rotativo | 1325,06 | 77,62 | B |
| InvPri | Rotativo | 780,05 | 86,70 | C |
| Inv | Rotativo | 707,38 | 64,98 | C |
| InvPri | Continuo | 655,63 | 52,34 | C |
| Inv | Continuo | 591,68 | 52,31 | C |

En el cuadro anterior el periodo Pri bajo pastoreo continuo se diferenciò de las demás interacciones con superioridad. Como valor intermedio se presentó la interacción de Pri bajo pastoreo rotativo. Por último, el resto de las interacciones conformaron el grupo de valores inferiores sin diferencias entre sí.

4.3.4.3.3. Materia seca disponible

La materia seca disponible presento el mismo comportamiento que la variable altura, analizada anteriormente, ya que nuevamente la oferta de forraje, así como también la interacción del periodo x método fueron las variables que presentaron valores significativos.

El tratamiento de alta oferta obtuvo una media de 1169 kg/ha mientras que el tratamiento de baja oferta fue de 996 kg/ha.

En la interacción, el tratamiento continuo en Pri presentó la mayor media con 1644 kg/ha mientras que el tratamiento rotativo de Pri así como también el continuo de InvPri se comportaron de manera intermedia con una media de 1296 kg/ha. El resto de las combinaciones presentaron los menores valores sin presentar diferencias significativas entre sí.

4.3.4.3.4. Altura remanente

Continuando con la altura remanente se observan efectos por parte de la oferta, así como de la interacción del periodo x método de pastoreo.

La oferta presentó diferencias a favor del tratamiento de alta con una media de 6,3 cm mientras que el de baja presentó una media de 5,1 cm.

En referencia a la interacción, se diferenciaron del resto de las combinaciones el tratamiento continuo en Pri con una media de 10,76 cm. El resto de los tratamientos no presentaron diferencias entre sí.

4.3.4.3.5. Materia seca remanente

Siguiendo con la materia seca remanente, los efectos significativos que fueron registrados corresponden a las interacciones del periodo con la oferta de forraje y con el método de pastoreo respectivamente.

Tabla 24

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre materia seca remanente (kg/ha) suelos medios

| Período | Método Pastoreo | Materia seca remanente (kg/ha) | E.E. | |
|---------|-----------------|-----------------------------------|--------|----|
| Pri | Continuo | 2132,68 | 68,82 | A |
| Pri | Rotativo | 804,72 | 102,10 | B |
| InvPri | Continuo | 673,87 | 68,85 | BC |
| Inv | Continuo | 640,46 | 68,81 | BC |
| Inv | Rotativo | 502,04 | 85,48 | BC |
| InvPri | Rotativo | 442,27 | 114,06 | C |

En esta primera interacción detallada en la tabla 24, el tratamiento de pastoreo continuo en Pri representó la mayor media, y el pastoreo rotativo en InvPri la menor diferenciándose estadísticamente. Sin embargo, esta última no se diferenció de ninguno

de los métodos de pastoreo en Inv ni al pastoreo continuo en el mismo periodo, pero sí de ambos tratamientos ubicados en Pri.

Tabla 25

Efecto de interacción periodo x oferta de forraje sobre materia seca remanente (kg/ha) suelos medios

| Período | Oferta Forraje | Materia seca remanente (kg/ha) | E.E. | |
|---------|----------------|--------------------------------|--------|---|
| Pri | Alta | 1694,34 | 72,37 | A |
| Pri | Baja | 1243,05 | 98,23 | B |
| Inv | Alta | 620,55 | 76,96 | C |
| InvPri | Alta | 560,09 | 108,23 | C |
| InvPri | Baja | 556,04 | 73,72 | C |
| Inv | Baja | 521,94 | 77,23 | C |

Continuando con la segunda interacción con efectos significativos, se puede ver que ambos tratamientos ubicados en Pri arrojaron las mayores medias, diferenciándose entre sí y del resto de las combinaciones. El resto de las mismas, no presentan diferencias significativas.

4.3.4.3.6. Altura media

Por último, la altura media (cm) se vio afectada de mayor manera por la oferta, así como también por la interacción del periodo x método.

Tabla 26

Efecto de la oferta de forraje sobre la altura media (cm) en suelos medios.

| Oferta de Forraje | Altura media (cm) | E.E. | |
|-------------------|-------------------|------|---|
| Alta | 6,91 | 0,27 | A |
| Baja | 5,94 | 0,25 | B |

El tratamiento de alta oferta represento la mayor media de altura que la oferta baja.

Tabla 27

Efecto de interacción periodo x método de pastoreo sobre altura media (cm) en suelos medios

| Período | Método de Pastoreo | Altura (cm) | E.E. | |
|---------|--------------------|-------------|------|----|
| Pri | Continuo | 8,31 | 0,35 | A |
| InvPri | Rotativo | 6,86 | 0,58 | AB |
| Pri | Rotativo | 6,62 | 0,52 | BC |
| Inv | Rotativo | 6,07 | 0,43 | BC |
| InvPri | Continuo | 5,61 | 0,35 | BC |
| Inv | Continuo | 5,08 | 0,35 | C |

En la tabla se parecía que el pastoreo continuo en Pri obtuvo la mayor altura media sin diferencias significativas con el rotativo en InvPri, que si se diferencia del pastoreo continuo en Inv pero no presenta diferencias con el resto de los tratamientos, que muestran alturas intermedias.

4.3.5. Análisis del período total

En este ítem se analizan los resultados de todo el período considerando los valores medios para el mismo.

4.3.5.1. Variables de la pastura.

4.3.5.1.1. Altura disponible promedio.

Comenzando por la altura disponible promedio del periodo, se encontraron diferencias significativas en cuanto al método de pastoreo y la oferta de forraje.

Con respecto a la oferta de forraje, el tratamiento de alta oferta presentó una media de 7,33 cm mientras que el de baja se ubicó por debajo con una media de 5,85 cm.

Siguiendo con el método de pastoreo, el pastoreo rotativo presento una mayor altura al pastoreo continuo con medias de 7,68 cm y 5,50 cm respectivamente.

4.3.5.1.2. Materia seca presente

Con respecto a esta variable, no se presentaron diferencias a lo largo del experimento bajo el efecto de ninguna de las variables en estudio, tales como oferta de forraje y método de pastoreo.

Aun así, es importante nombrar que al estudiar la oferta de forraje los valores fueron de 1070 kg/ha para el tratamiento de alta y 871 kg/ha para el de baja. Ya para el caso del método de pastoreo, el rotativo obtuvo una media de 981 kg/ha y el continuo fue de 960 kg/ha.

4.3.5.1.3. Materia seca remanente

La materia seca remanente presentó diferencias para el método de pastoreo. El método de pastoreo continuo presentó un valor medio de 1252,5 kg/ha mientras que el pastoreo rotativo fue inferior con una media de 570,5 kg/ha.

4.3.5.2. *Producción animal*

4.3.5.2.1. Ganancia de peso total del periodo (kg).

En cuanto a la ganancia de peso total del periodo, la interacción del método de pastoreo y la oferta de forraje presentaron efectos significativos. Los animales bajo pastoreo continuo a alta oferta presentaron las mayores ganancias con 66,27 kg mientras que a bajas ofertas no hubo diferencias entre ambos métodos presentando las menores ganancias (40,90 kg para rotativo de baja oferta y 35,88 kg para continuo de baja oferta). Si hubo un resultado intermedio adjudicado a los animales bajo pastoreo rotativo a alta oferta que ganaron 50,26 kg en dicho periodo.

4.3.5.2.2. Peso final (kg)

En cuanto al peso final, se observó que los resultados obtenidos presentaron el mismo comportamiento que el ítem analizado anteriormente por lo que podemos analizarlo de forma conjunta.

4.3.5.2.3. Ganancia diaria individual (kg/animal/día) por estación

También se tomó la decisión de analizar estos resultados ya que el experimento abarcó el invierno y la primavera. De esta manera se contó con la posibilidad de obtener una diferencia y analizar que variable fue la que más efecto marcó en dicho resultado.

En invierno la oferta fue el factor de mayor efecto ya que los animales que se manejaron a ofertas altas obtuvieron ganancias de 0,37 kg/an/día mientras que los que fueron sometidos a bajas ofertas ganaron 0,16 kg/an/día siendo dicha diferencia

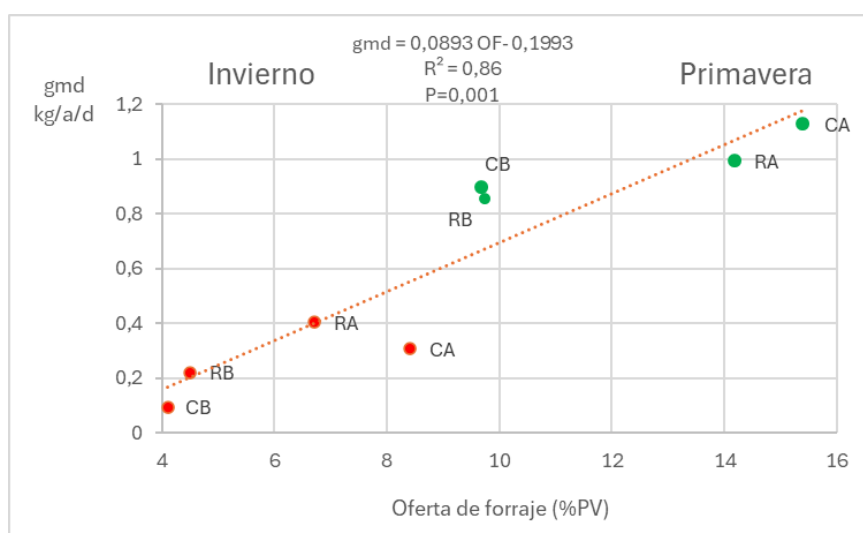
significativa. Sin embargo, la variable método no resultó en diferencias significativas en la ganancia animal invernal.

En la primavera, la interacción entre el método de pastoreo y la oferta de forraje fue la variable que obtuvo resultados significativos en cuanto a la ganancia individual. Los animales bajo pastoreo continuo a altas ofertas ganaron 1,40 kg/an/día mientras que las otras tres interacciones no obtuvieron diferencias significativas entre sí.

A continuación, se presenta una gráfica (Ganancia media diaria (kg/an/d) x Oferta de forraje (%PV)) donde se pueden observar los resultados detallados anteriormente.

Figura 7

Gráfico de ganancia media diaria por estación (kg/a/d) x Oferta de forraje (%PV)



4.3.5.2.4. Ganancia media (kg/animal/día) individual del periodo

Por último, se analizó la ganancia media individual de todo el periodo. Aquí nuevamente la oferta de forraje presenta efectos significativos. Los animales sometidos a altas ofertas ganaron 0,61 kg/an/día en todo el periodo mientras que los que se manejaron a bajas ofertas ganaron 0,38 kg/an/día.

4.3.5.2.5 Carga animal en kg de peso vivo/hectárea

Continuando con la carga animal como los kg de peso vivo/hectárea, tanto el método de pastoreo como la oferta de forraje presentaron diferencias en los resultados.

La oferta de forraje contó con un promedio de 587,5 kg/ha en el tratamiento de baja mientras que para el caso del de alta oferta fueron 478,5 kg/ha.

El método presentó valores de 618,83 kg/ha para el rotativo y 447,17 kg/ha correspondientes al método continuo.

5. DISCUSIÓN

Comenzando con el siguiente ítem del trabajo, es oportuno analizar los resultados correspondientes al porcentaje de contribución de especies considerando que el muestreo fue realizado a fin del mes de agosto, lo que significa que el forraje presente representa al acumulado de la estación de invierno.

Comenzando con las especies estivales, el grupo de especies finas, tierno finas y tierno ordinarias aportó mayoritariamente a ofertas bajas, en suelos medios, seguido por los bajos y con menor representación en los litosoles. Esto concuerda con lo observado por Pizzio y Royo Pallarés (1998) en Corrientes Argentina donde se observó que, al incrementar la carga, aumentaron las especies de género *Paspalum* y por otro lado disminuyó *Coleorrhachis selloana*.

Siguiendo con la *Bouteloua megapotamica* y el *Cynodon dactylon*, los resultados dieron que su mayor aporte fue en los litosoles y más aún en los sitios donde estaban sometidos a baja oferta. Con respecto al efecto del tipo de suelo, concuerda con Berretta (1998) donde afirma que una de las especies características de este tipo de suelos es la *Bouteloua megapotamica*, integrante de este grupo de especies analizado. Con respecto al efecto de la oferta, dicha predominancia se explica por su hábito de crecimiento estolonífero y porte postrado, lo que es un método de escape al pastoreo, afirmación respaldada por Millot et al. (1987).

Siguiendo con las especies de tipo productivo ordinario, los resultados también arrojaron que su mayor aporte se situó en los litosoles. Si bien tanto la *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* fueron analizados aparte, cabe destacar que también corresponden a las especies de este tipo productivo, lo que significa que tiene sentido que se comporten de igual manera que el grupo en análisis. Aquí se vuelve a respaldar dicho resultado con el trabajo mencionado anteriormente realizado por Berretta (1998) que dice que en este tipo de suelos es notoria la abundancia de *Bothriochloa laguroides*, una de las especies que más se encontró durante el muestreo con Botanal en este tipo de suelos y que corresponde a este grupo de especies ordinarias.

Por último, las especies duras obtuvieron su mayor aporte en los bajos, sometidos a bajas ofertas y principalmente representadas por el *Paspalum quadrifarium*. Esto es debido a que dicha especie se ve favorecida por las condiciones de humedad brindadas

por este tipo de ambiente. Según Rosengurtt (1944) *Paspalum quadrifarium* es una de las especies dominantes de los campos uliginosos poco pastoreados.

Las gramíneas invernales de tipo productivo fino, tierno y tierno ordinario presentaron un mayor aporte en los pastoreos rotativos, con una leve superioridad en los de alta oferta. Dicho efecto está explicado porque hay un efecto del periodo de descanso de unos 45 días que se le da a las parcelas entre un pastoreo y el siguiente, además este método de pastoreo somete a los animales en áreas pequeñas, lo que deriva en una alta carga instantánea y limita el proceso de selección por parte de los mismos. Es gracias a ambos factores que como consecuencia se genera una homogenización del tapiz y una alta tasa de renovación de la pastura, lo que favorece el macollaje de estas especies de alta productividad. Dicha conclusión se asemeja a lo reportado por Brizuela y Cíbils (2011) donde afirman que el pastoreo rotativo aumentó la contribución de especies de mayor valor forrajero y una disminución de aquellas con bajo valor forrajero. En este mismo sentido, Boggiano et al. (2005) afirman que los periodos de descanso permitieron el refinamiento del campo, elevando la contribución de los pastos finos, siendo esta apreciación coincidente con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En cuanto a las hierbas menores el aporte fue definido según el tipo de suelo con superioridad de las mismas en los litosoles, seguido por los suelos medios y por último en los bajos. Dicho grupo estuvo comprendido principalmente por las especies *Dichondra microcalix* y *Oxalis sp*, las cuales son características de este tipo de suelos según Berretta (1998).

La producción de materia seca se estudió por 3 zonas, definidas según el tipo de suelo dominante litosoles, suelos medios y de bajos. A su vez, en lo que refiere a la producción, se estudió la altura del forraje disponible, la materia seca presente, la altura de la materia seca remanente, la materia seca remanente y la altura media.

La altura de la materia seca presente presentó en los bajos un efecto del método de pastoreo y el periodo, donde las mayores alturas se ubicaron en los sistemas de pastoreo rotativo en el periodo Inv e InvPrim y las menores alturas correspondieron a pastoreos continuos en el periodo Inv y Prim. Aquí nuevamente el factor implícito es el periodo de descanso por parte de los pastoreos rotativos, que, sumado a la homogenización por el pastoreo de los animales, favorecen el crecimiento de las especies cespitosas de mayor productividad y como consecuencia una mayor altura promedio.

Para los litosoles, el método rotativo sometido a altas ofertas fue el que obtuvo mayores alturas mientras que el potrero bajo pastoreo continuo a baja oferta presentó la menor media de altura. Dicho resultado se puede adjudicar también al efecto del periodo de descanso, así como también a la menor presión de pastoreo debido a la baja carga.

En suelos medios el pastoreo rotativo supero al pastoreo continuo, nuevamente adjudicable al efecto del periodo de descanso. Por otro lado, hubo efecto de la oferta y el periodo donde los potreros sometidos a altas ofertas en el periodo InvPri se destacaron del resto. Aquí, es posible que la menor carga animal sumado a un aumento en la tasa de crecimiento del tapiz debido a una época más primaveral hayan contribuido a dicho resultado.

En los bajos, el pastoreo rotativo presento una media mayor de materia seca presente que el pastoreo continuo. Este resultado es respaldado por lo reportado por Boggiano et al. (2005) donde ilustran que la utilización de periodos de descanso aumentó la producción, en mayor medida la invernal. Además, hubo efecto generado por el periodo Pri, donde se obtuvo la mayor masa de forraje, debido a un aumento en las tasas de crecimiento consecuencia del aumento de temperatura en la estación de primavera como se aprecia en la figura 6.

En el caso de los litosoles, la oferta marcó una diferencia ya que los sistemas sometidos a altas ofertas se ubicaron por encima de los cuales contaban con baja oferta. También el periodo y el método incidieron en los resultados siendo que en el periodo Pri, los potreros bajo pastoreo continuo fueron los que contaron con los mayores valores de materia seca presente. La mayor masa de materia seca presente en el periodo Pri está explicada por la mayor tasa de crecimiento de la pastura debido a las condiciones favorables de la estación (quizás sea bueno respaldar esto con una fuente en este mismo sentido y agregando algún otro fenómeno que se da en las pasturas en esta estación del año.

La materia seca presente en los suelos medios sometidos a altas ofertas superaron a los que estaban a ofertas bajas. Por otro lado, debido al efecto del método de pastoreo y el periodo, los métodos continuos en el periodo Pri se destacaron de los demás. Aquí nuevamente actúan las condiciones favorables de crecimiento como factor principal de dichos resultados.

En relación a la materia seca disponible esta podría analizarse de forma conjunta con el anterior ya que en los resultados se demostró que los tres tipos de suelo se comportaron de igual forma.

La altura remanente en lo que respecta a los bajos, hubo un efecto por parte del método de pastoreo y el periodo, donde se destacaron las mayores medias en el pastoreo continuo en el periodo Pri. Esto coincide con el trabajo de Brizuela y Cibils (2011) donde explican que en los sistemas de pastoreo continuo el animal tiene la posibilidad de seleccionar el forraje por lo tanto habría sitios en el campo que al no ser pastoreados arrojarían alturas remanentes mayores.

Siguiendo con los litosoles, los mismos comparten el resultado anterior con los bajos y además sufrieron efectos por parte de la oferta de forraje que sumado al efecto periodo dieron como resultado que el sistema de alta oferta en el periodo Pri obtuvo las mayores alturas remanentes.

En cuanto a los suelos medios, los potreros ante altas ofertas se destacaron por encima de los correspondientes a las bajas ofertas. Por otro lado, los potreros tratados bajo pastoreo continuo en el periodo Pri obtuvieron el mayor valor de altura remanente. Aquí nuevamente se explica bajo el mismo razonamiento de ambos suelos anteriores, sumado que el efecto de la oferta significó en mayor altura remanente debido justamente a una mayor cantidad de forraje para una misma carga animal.

Dado que la materia seca remanente se estima a partir de la altura por un cociente, la materia seca remanente presento un comportamiento similar a la altura del remanente.

La altura media por tratamientos, en el caso de los bajos presento efecto del periodo siendo que en Pri se obtuvo la mayor altura media. A su vez la oferta de forraje presentó efectos significativos dando como resultado una mayor altura media para el caso de altas ofertas. También el efecto del método de pastoreo posicionó al pastoreo rotativo por encima del pastoreo continuo. En este caso, el método con periodos de descanso reduce la destrucción de la materia seca en pie por el pisoteo al excluir áreas del pastoreo, manteniendo una altura de la pastura mayor.

Pasando a los litosoles, los potreros sometidos a ofertas altas arrojaron una media de altura mayor a los correspondientes a bajas ofertas. También debido al efecto del método de pastoreo y el periodo, en el periodo Pri los potreros bajo pastoreo continuo presentaron la mayor altura.

Por último, en suelos medios hubo efecto por parte de la oferta donde las altas ofertas presentaron altura media superior a las bajas ofertas. A su vez, los potreros bajo pastoreo continuo en el periodo Pri obtuvieron la mayor media de altura media.

En resumen, para la altura media como la tasa de crecimiento, la selectividad y el periodo de descanso fueron las variables responsables de dichos resultados.

Para la altura de la materia seca disponible tanto la oferta como el sistema de pastoreo generaron efectos en la altura media promedio del periodo. Los pastoreos continuos presentaron alturas mayores que los rotativos, y los potreros manejados a altas ofertas presentaron mayor altura que los manejados a bajas ofertas.

Sobre la materia seca remanente solamente hubo efecto por parte del método de pastoreo, siendo que hubo mayor materia seca remanente cuando se aplicó pastoreo continuo.

Con relación a la carga animal (PV kg/ha) fue mayor en los tratamientos de baja oferta, lo que parece razonable debido a que menor oferta significa consecuentemente mayor carga animal por unidad de materia seca presente.

Por otro lado, el método de pastoreo también presentó un efecto a favor del sistema rotativo, con cargas mayores.

La ganancia total de peso por animal fue explicada por el efecto del método de pastoreo y la oferta, siendo que los animales sometidos a pastoreo continuo sobre altas ofertas obtuvieron las mayores ganancias promedio.

Dicho resultado es coincidente con Da Trindade, Bonnet, De David, et al. (2017), donde se reportan resultados que a mayores ofertas de forraje en pastoreos continuos el animal tiene mayor posibilidad de selección del alimento y a su vez la estructura del tapiz no es limitante para la cosecha debido a la alta oferta, por lo tanto, esto deriva en mayores ganancias para este tipo de tratamientos. También menciona la mayor presencia de matas, que aun siendo estas de poca calidad, ayudan a contrarrestar las condiciones adversas presentadas por el invierno en cuanto a la producción de forraje.

Para el estudio de la ganancia por animal por día (g/a/d) se dividió el estudio por estación del año, entre invierno y primavera, ya que las ganancias de los animales resultaron muy distintas a lo largo de los meses en estudio y esto hace pensar en un efecto de la época del año.

En invierno la oferta de forraje presento significancia para la g/a/d, indicando que los animales manejados a altas ofertas obtuvieron mayores ganancias que los que lo hicieron a bajas ofertas.

Durante el invierno, la oferta de forraje presentó diferencias significativas en la ganancia diaria de peso (g/a/d), evidenciando que los animales manejados bajo altas ofertas obtuvieron mayores incrementos en comparación con aquellos sometidos a bajas ofertas.

Aquí vuelve a ser relevante el trabajo utilizado en el ítem anterior de Da Trindade, Bonnet, Wallau, et al. (2017) donde afirman que el aumento de forraje de un 4% a un 8% puede hasta duplicar la producción animal anual. Esto se ajusta a su vez a las ofertas teóricas planteadas en el experimento.

En primavera además del efecto de la oferta, se expresó el efecto del método de pastoreo. Aquí los animales bajo pastoreo continuo y altas ofertas se destacaron en su ganancia diaria, las ofertas altas no restringen en cantidad de materia seca disponible y el pastoreo continuo posibilita la expresión de la selección mejorando la calidad de la dieta.

Para la primavera, en el trabajo de Bremm et al. (2017) se determinó que independientemente de la época del año un aumento de las ofertas de forraje a niveles de 12% y 16% significa que aumenta las ganancias animales en un 85%, teniendo en cuenta que dichas ofertas fueron la teórica y la real respectivamente.

Al considerar la ganancia media del período de los animales, la oferta de forraje fue el factor significativo, indicando nuevamente que los animales manejados a altas ofertas ganaron más que los que se encontraron bajo baja oferta.

Al analizar la ganancia media de peso durante el período, la oferta de forraje se identificó como el factor significativo, evidenciando que los animales manejados bajo altas ofertas obtuvieron mayores incrementos en comparación con aquellos mantenidos bajo bajas ofertas.

6. CONCLUSIONES

A continuación, se responderá acerca de si las hipótesis planteadas previo a la realización del experimento fueron aceptadas o rechazadas de acuerdo a los resultados obtenidos.

Con respecto a la hipótesis 1, que refiere al efecto por parte del tipo de suelo, los resultados permitieron rechazar la hipótesis nula y por lo tanto aceptar la hipótesis alternativa dado que si existió efecto por parte de dicha variable sobre las variables de la pastura.

Dicha hipótesis solo aplica para el estudio referido a la contribución de especies (%). Para las especies estivales, en suelos medios predominó el grupo de especies finas, tiernas y tierno ordinarias, mientras que para *Bouteloua megapotamica* y *Cynodon dactylon* así como las especies duras, su mayor contribución se encontró en litosoles. A su vez las especies duras predominaron en los bajos. En cuanto a las hierbas menores y enanas, estas predominaron en los litosoles.

La hipótesis 2 planteaba la incógnita de si habría efecto por parte de la oferta sobre las variables de la pastura. Aquí nuevamente se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa ya que si hubo efectos por parte de la misma.

En cuanto a la contribución de especies, las ofertas bajas resultaron en un mayor aporte para los grupos de especies estivales en estudio mientras que para el caso de las invernales, el grupo de especies finas, tiernas y tierno ordinarias predominó en los tratamientos de alta oferta.

En referencia a la producción de forraje, la oferta tuvo efecto sobre la altura disponible, la materia presente, la altura remanente y la altura media, siendo así todas estas variables favorecidas por los tratamientos de alta oferta.

Para la producción animal, la carga fue mayor frente a bajas ofertas, pero las ganancias tanto total como diaria fueron mayores en los tratamientos de alta oferta.

Continuando con la hipótesis 3, la misma planteaba si habría o no efecto por parte del método sobre las variables de la pastura. En base a los resultados se rechazó la hipótesis nula aceptando la alternativa dado que si hubo efecto por parte del método sobre las variables estudiadas.

Esta variable tuvo efecto sobre la altura disponible, la materia seca presente y materia seca disponible, la altura remanente y la materia seca remanente, así como también en la altura media. En cuanto a la primera variable nombrada, esta se vio favorecida por el método rotativo, la materia seca presente y disponible fueron mayores en los bajos sometidos al método rotativo y en litosoles y suelos medios bajo pastoreo continuo. Para la altura remanente y materia seca remanente en las tres zonas los mayores valores se obtuvieron bajo pastoreo continuo. Por último, la altura media en los bajos fue mayor bajo pastoreo rotativo y en los litosoles y suelos medios fue mayor bajo pastoreo continuo.

Para la producción animal, la mayor carga fue en pastoreo rotativo y las mayores ganancias fueron en los pastoreos continuos.

La última hipótesis hizo referencia al efecto por parte de periodo. Aquí nuevamente se rechazó la hipótesis nula dado que nuevamente hubo efectos por parte de dicha variable.

La altura disponible fue mayor en los periodos Inv e Invpri. Sin embargo, tanto la materia seca presente, la materia seca disponible, la altura remanente, la materia seca remanente y la altura media fueron mayores en Pri.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguinaga, A. J. Q., Frizzio, A., Nabinger, C., Carvalho, P. C., Aguinaga, A. A. Q., Guma, J. M. C. R., & Cauduro, G. F. (2004). Efeito da manipulação da oferta de forragem no bioma Campos Sulinos na produção primária e secundária. En S. Saldanha, M. Bemhaja, E. Moliterno, F. Olmos, & G. Uriarte (Eds.), *XX Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos: Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas* (pp. 313-317). Universidad de la República; INIA.
- Ayala, W., & Bermúdez, R. (1992). Fertilización fosfatada de pasturas. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Mejoramientos extensivos en la región Este: Resultados experimentales 1991-92* (pp. 49-59).
- Bailey, D. W., & Provenza, F. D. (2008). Mechanisms determining large-herbivore distribution. En H. H. T. Prins & F. Van Langevelde (Eds.), *Resource ecology: Spatial and temporal dynamics of foraging* (pp. 7-28). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6850-8_2
- Barnes, D. L., & Denny, R. P. (1991). A comparison of continuous and rotational grazing on veld at two stocking rates. *Journal of the Grassland Society of Southern Africa*, 8(4), 168-173.
- Barnes, M. K., Norton, B. E., Maeno, M., & Malechek, J. C. (2008). Paddock size and stocking density affect spatial heterogeneity of grazing. *Rangeland Ecology & Management*, 61(4), 380-388. <https://doi.org/10.2111/06-155.1>
- Berretta, E. J. (1996). Campo natural: Valor nutritivo y manejo. En D. Risso, E. Berretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 113-127). INIA.
- Berretta, E. J. (1998). Principales características de las vegetaciones de los campos de basalto. En E. J. Berretta (Ed.), *XIV Reunión del grupo técnico regional del cono sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo Campos: Anales* (pp. 11-19). INIA. <https://www.grupo-campos.org/XIV-Reunion/Proceedings-Reunion-1994.pdf>
- Berretta, E. J. (2000). Manejo del campo natural. *El País Agropecuario*, 5(60), 25-28. <https://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, & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural* (pp. 61-73). INIA.
- Berretta, E. J., & Do Nascimento, D. (1991). *Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal*. IICA; PROCISUR.
- 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., Nabinger, C., Cadenazzi, M., & Maraschin, G. E. (2011). The impact of grazing intensity on photosynthetically active radiation absorbed by a fertilized natural pasture. En S. R. Feldman, G. E. Oliva, & M. B. Sacido (Eds.), *IX International Rangeland Congress: Diverse rangelands for a sustainable society* (p. 645). INTA; AAMPN.
- Boggiano, P., Zanoniani, R., & Millot, J. C. (2005). Respuesta del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural* (pp. 105-113). INIA.
- Bremm, C., Rosa, F. Q., & Machado, D. R. (2017). Desempenho animal em campo nativo. En P. C. De Faccio Carvalho, M. O. Wallau, C. Bremm, O. Bonnet, J. K. Da Trindade, F. Quevedo da Rosa, T. Silva de Freitas & F. Gomes Moojen (Eds.), *Nativão: 30 anos de pesquisa em campo nativo* (pp. 36-38). Universidade Federal de Rio Grande do Sul. https://www.researchgate.net/profile/Fernanda-Moojen/publication/321777439_Boletim_Nativao_30_anos_anos_de_pesquisa_em_campo_nativo/links/5a33adcd0f7e9b2a288aa44a/Boletim-Nativao-30-anos-de-pesquisa-em-campo-nativo.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Briske, D. D., Derner, J. D., Brown, J. R., Fuhlendorf, S. D., Teague, W. R., Havstad, K. W., Gillen, R. L., Ash, A. J., & Willms, W. D. (2008). Rotational grazing on rangelands: Reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology Management*, 61(1), 3-17.
- Briske, D. D., & Heitschmidt, R. K. (1991). An ecological perspective. En R. K. Heitschmidt & J. W. Stuth (Eds.), *Grazing management: An ecological perspective* (pp. 11-26). Timber Press.
- 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.
- Brougham, R. W. (1956). Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 7(5), 377-387. <https://doi.org/10.1071/AR9560377>
- Bryant, H. T., Blaser, R. E., Hammes, R. C., Jr., & Fontenot J. P. (1970). Symposium on pasture methods for maximum production in beef cattle: Effect of grazing management on animal and area output. *Journal of Animal Science*, 30(1), 153-158. <https://doi.org/10.2527/jas1970.301153x>
- Carámbula, M. (1977). *Producción y manejo de pasturas sembradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2008). *Pasturas naturales mejoradas*. Hemisferio Sur.
- Carrera, M., González, R., González, D., & Rovira, P. (1996). *Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

- Carvalho, P. C. F., Trindade, J. K., Mezzalana, J. C., Poli, C. H. E. C., Nabinger, C., Genro, T. C. M., & Gonda, H. (2009). Do bocado ao pastoreio de precisão: Compreendendo a interface planta animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(supl. esp.), 109-122.
- Cruz, P., & Boval, M. (2000). Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. Moraes, A. D. de Moraes, C. Nabinger, & P. C. de F. Carvalho (Eds.), *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 151-168). CABI.
- Da Trindade, J. K., Bonnet, O., De David, D. B., Wallau, M., & Genro, T. C. M. (2017). Comportamento ingestivo e seleção de dietas. En P. C. De Faccio Carvalho, M. O. Wallau, C. Bremm, O. Bonnet, J. K. Da Trindade, F. Quevedo da Rosa, T. Silva de Freitas & F. Gomes Moojen (Eds.), *Nativão: 30 anos de pesquisa em campo nativo* (pp. 42-46). Universidade Federal de Rio Grande do Sul. https://www.researchgate.net/profile/Fernanda-Moojen/publication/321777439_Boletim_Nativao_30_anos_anos_de_pesquisa_em_campo_nativo/links/5a33adc0d0f7e9b2a288aa44a/Boletim-Nativao-30-anos-anos-de-pesquisa-em-campo-nativo.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Da Trindade, J. K., Bonnet, O., Wallau, M., & Genro, T. C. M. (2017). Consumo de forragem. En P. C. De Faccio Carvalho, M. O. Wallau, C. Bremm, O. Bonnet, J. K. Da Trindade, F. Quevedo da Rosa, T. Silva de Freitas, & F. Gomes Moojen (Eds.), *Nativão: 30 anos de pesquisa em campo nativo* (pp. 39-41). Universidade Federal de Rio Grande do Sul. https://www.researchgate.net/profile/Fernanda-Moojen/publication/321777439_Boletim_Nativao_30_anos_anos_de_pesquisa_e_m_campo_nativo/links/5a33adcd0f7e9b2a288aa44a/Boletim-Nativao-30-anos-anos-de-pesquisa-em-campo-nativo.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- De Souza, A. G., Maraschin, G. E., & Boldrini, I. I. (1989). Evolução e produção animal da pastagem nativa sob pastejo contínuo e rotativo. En N. J. Nuernberg (Coord.), *XI Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização dos Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical: Grupo Campos* (pp. 315-323). EMPASC.
- Di Virgilio, A., Lambertucci, S. A., & Morales, J. M. (2019). Sustainable grazing management in rangelands: Over a century searching for a silver bullet. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 283, Artículo e106561. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.020>
- Do Carmo, M., Espasandin, A., Bentancor, D., Olmos, F., Scarlato, S., Carriquiry, M., & Soca, P. (2013). Cambios en la oferta de forraje y su efecto sobre la productividad primaria y secundaria de sistemas criadores con diversos grupos genéticos bajo pastoreo de campo natural. En P. Soca, A. Espasandin, & M. Carriquiry (Eds.), *Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural* (pp. 43-54). INIA.

- Dos Santos, J., Riccetto, J., & Ríos, C. (1992). *Efectos del método de pastoreo, relación lanar/vacuno y dotación sobre la productividad de pasturas naturales* [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
- Formoso, D. (2005). La investigación en utilización de pasturas naturales desarrollada por el Secretariado Uruguayo de la Lana. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural* (pp. 51-59). INIA.
- Freitas, T. M. S. (2003). *Dinâmica da produção de forragem, comportamento ingestivo e produção de ovelhas Île de France em pastagem de azevém anual (Lolium multiflorum Lam.) em resposta a doses de nitrogênio* [Tesis de maestría]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Gaggero, R., Gambetta, O., Laca, L., & Mateo, H. (1996). *Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Galli, J. R., & Cangiano, C. A. (1998). Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 18(3-4), 247-261.
- Gammon, D. M. (1978). A review of experiments comparing systems of grazing management on natural pasture. *Proceedings of the Annual Congresses of the Grassland Society of Southern Africa*, 13(1), 75-82.
<http://dx.doi.org/10.1080/00725560.1978.9648838>
- Google Earth. (2024). [Potrero 13, Paysandú, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://earth.google.com/web/data=MkEKPwo9CiExSjdvMXNHbjlNaVViaTVocXRhMkF1M1AzREZUTDg0bzESFgoUMEVbQUVERjNBOtNCMUFCNjVDRjQgAUICCBKCAiEjJPwARAB>
- Gregorini, P., Agnelli, L., & Masino, C. (2007). *Producción animal en pastoreo: Definiciones que clarifican significados y facilitan la comprensión y utilización de términos usados comúnmente*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/61-produccion_en_pastoreo.pdf
- Harris, W. (1978). Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. En J. R. Wilson (Ed.), *Plant relations in pastures* (pp. 67-85). CSIRO.
- Heitschmidt, R. K., Dowhower, S. L., & Walker, J. W. (1987a). 14 vs. 42 paddock rotational grazing: Aboveground biomass dynamics, forage production, and harvest efficiency. *Journal of Range Management*, 40(3), 216-223.
- Heitschmidt, R. K., Dowhower, S. L., & Walker, J. W. (1987b). Some effects of a rotational grazing treatment on quantity and quality of available forage and amount of ground litter. *Journal of Range Management*, 40(4), 318-321.

- Heitschmidt, R. K., Frasure, J. R., Price, D. L., & Rittenhouse, L. R. (1982). Short duration grazing at the Texas experimental ranch: Weight gains of growing heifers. *Journal of Range Management*, 35(3), 375-379.
- Heitschmidt, R. K., & Taylor, C. A. (1991). Livestock production. En R. K. Heitschmidt & J. W. Stuth (Eds.), *Grazing management: An ecological perspective* (pp. 161-177). Timber Press.
- Heringer, I., & Carvalho, P. C. F. (2002). Ajuste da carga animal em experimentos de pastejo: Uma nova proposta. *Ciência Rural*, 32(4), 675-679.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000400021>
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H. (1989). *Range management: Principles and Practices*. Prentice-Hall.
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*.
<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Laca, E. A. (2009). New approaches and tools for grazing management. *Rangeland Ecology & Management*, 62(5), 407-417.
- 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. 321-347). INTA.
- Lemaire, G., & Chapman, D. F. (1996). Tissue flows in grazed plant communities. En J. Hogdson & A. W. Illius (Eds.), *The ecology of management of grazing systems* (pp. 3-36). CABI.
- Mezzalira, J. C., Carvalho, P. C., Da Trindade, J. K., Bremm, C., Fonseca, L., Do Amaral, M. F., & Reffatti, M. V. (2012). Produção animal e vegetal em pastagem nativa sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. *Ciência Rural*, 42(7), 1264-1270.
- Millot, J. C., Risso, D., & Methol, R. (1987). *Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas de ganaderas del Uruguay*. MGAP.
- 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.
- Mott, G. (1960). Grazing pressure and measurement of pasture production. En C. L. Skidmore, P. J. Boyle, & L. W. Raymon (Eds.), *Proceedings of the 8th International Grassland Congress* (pp. 606-611). Alden Press.
- Mott, G., & Lucas, H. (1952). The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. En R. E. Wagner, W. Myers, S. H. Gaines, & H. L. Lucas (Eds.), *Proceedings of the 6th International Grassland Congress* (pp. 1380-1398). Pennsylvania State College.
- Nabinger, C. (1999). Princípios da exploração intensiva de pastagens. En A. M. Peixoto, J. C. de Moura, & V. Pedroso de Faria (Eds.), *Simpósio sobre Manejo da Pastagem: Produção de bovinos a pasto* (pp. 18-95). FEALQ.

- Nabinger, C., & Carvalho, P. C. F. (2009). *Ecofisiología de sistemas pastoriles: Aplicaciones para su sustentabilidad*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas/%20naturales/150-ecofisiologia.pdf
- Nabinger, C., Carvalho, P. C. F., Cassiano Pinto, E., Mezzalana, J. C., Marins Brambilla, D., & Boggiano, P. (2011). Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿Es posible mejorarlos con más productividad? *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 19(3-4), 27-34.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Anuario estadístico agropecuario 2022*. MGAP. https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O_MGAP_Anuario_estad%C3%ADstico_%202022-DIGITAL.pdf
- Parsons, A. J., Leafe, E. L., Collett, B., Penning, P. D., & Lewis, J. (1983). The physiology of grass production under grazing: II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. *Journal of Applied Ecology*, 20(1), 127-139. <https://www.jstor.org/stable/2403381>
- Perin, R. (1990). *Rendimiento de forragem e desempenho animal de uma pastagem nativa melhorada sob pastejo contínuo e rotativo* [Tesis de maestría]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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.
- Pinto, C. E., Wallau, M., & Boldrini, I. (2017). Estructura da vegetação e composição florística. En P. C. De Faccio Carvalho, M. O. Wallau, C. Bremm, O. Bonnet, J. K. Da Trindade, F. Quevedo da Rosa, T. Silva de Freitas & F. Gomes Moojen (Eds.), *Nativão: 30 anos de pesquisa em campo nativo* (pp. 16-20). Universidade Federal de Rio Grande do Sul. https://www.researchgate.net/profile/Fernanda-Moojen/publication/321777439_Boletim_Nativao_30_anos_de_pesquisa_em_campo_nativo/links/5a33adcd0f7e9b2a288aa44a/Boletim-Nativao-30-anos-de-pesquisa-em-campo-nativo.pdf?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Pizzio, R., & Royo Pallarés, O. (1998). Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad: Efecto de la carga animal. En E. J. Berretta (Ed.), *Anales: XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos* (pp. 133-140). INIA.
- QGIS Development Team. (2022). *QGIS Geographic Information System* (Versión 3.26.3) [Software]. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>
- Rendón, J. (1968). *Intensidad y frecuencia de defoliación en una pradera de Trifolium repens y Phalaris tuberosa bajo pastoreo continuo con ovinos* [Tesis de maestría]. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

- Ring, C. B., II, Nicholson, R. A., & Launchbaugh, J. L. (1985). Vegetational traits of patch-grazed rangeland in west-central Kansas. *Journal of Range Management*, 38(1), 51-55.
- Rosengurtt, B. (1944). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 4.ª Contribución: Las formaciones campestres y herbáceas del Uruguay*. Casa Barreiro y Ramos.
- Rosengurtt, B. (1979). *Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay*. Dirección General de Extensión Universitaria.
- Rosengurtt, B., Gallinal, J. P., Bergalli, L., Aragon, L., & Campal, E. (1939). La variabilidad en la composición de praderas. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos*, 11(3), 28-33.
- Rosito, J. M., & Maraschin, G. E. (1984). Efeito de sistemas de manejo sobre a flora de uma pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 19(3), 311-316.
- Setelich, E. A. (1994). *Potencial produtivo de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul, submetida a distintas ofertas de forragem* [Tesis de maestría]. Universidade 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*. UF/IFAS Extension.
<https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AG160>
- Vallentine, J. F. (1990). *Grazing management*. Academic Press.
- Vendramini, J. & Sollenberger, L. (2020). *Impact of grazing methods on forage and cattle production*. UF/IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AG268>
- 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
- Wallau, M., Azambuja, J., & Da Silva Neto, G., F. (2017). Caracterização da região e da área experimental. En P. C. De Faccio Carvalho, M. O. Wallau, C. Bremm, O. Bonnet, J. K. Da Trindade, F. Quevedo da Rosa, T. Silva de Freitas, & F. Gomes Moojen (Eds.), *Nativão: 30 anos de pesquisa em campo nativo* (pp. 7-14). Universidade Federal de Rio Grande do Sul.
https://www.researchgate.net/profile/Fernanda-Moojen/publication/321777439_Boletim_Nativao_30_anos_de_pesquisa_em_campo_nativo/links/5a33adc_d0f7e9b2a288aa44a/Boletim-Nativao-30-anos-de-pesquisa-em-campo-nativo.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19