

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE UN CAMPO NATURAL DEL LITORAL  
BAJO DOS MÉTODOS Y DOS INTENSIDADES DE PASTOREO**

**por**

**Juan Ignacio CURBELO SENA**

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

**PAYSANDÚ  
URUGUAY  
2026**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia  
“Creative Commons **Reconocimiento – Compartir igual**”.



**Página de aprobación**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

---

Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

Co-Director:

---

Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás

Tribunal:

---

Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás

---

Ing. Agr. Mercedes Verdaguer

---

Ing. Agr. (Dra.) Ana Espasandín

Fecha:

27 de agosto de 2026

Estudiante:

---

Juan Ignacio Curbelo Sena

### **Agradecimientos**

Al tutor de tesis Ing. Agr. (PhD.) Pablo Boggiano Otón, y co-tutor Ing. Agr. (Mag.) Felipe Casalás Mouriño, por la dedicación y conocimiento compartido en la elaboración de este trabajo.

A familiares y amigos, quienes acompañaron y apoyaron a lo largo de la carrera.

## Tabla de contenido

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Página de aprobación.....                                          | 3  |
| Agradecimientos .....                                              | 4  |
| Lista de tablas y figuras.....                                     | 7  |
| RESUMEN .....                                                      | 9  |
| SUMMARY .....                                                      | 10 |
| 1     INTRODUCCIÓN.....                                            | 11 |
| 2     OBJETIVOS .....                                              | 12 |
| 2.1   Objetivos generales .....                                    | 12 |
| 2.2   Objetivos específicos.....                                   | 12 |
| 3     REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....                                 | 13 |
| 3.1   CAMPO NATURAL.....                                           | 13 |
| 3.1.1   Definición de campo natural .....                          | 13 |
| 3.1.2   Composición del campo natural .....                        | 13 |
| 3.1.3   Importancia del campo natural .....                        | 14 |
| 3.2   MANEJO DEL PASTOREO.....                                     | 16 |
| 3.2.1   Introducción .....                                         | 16 |
| 3.2.2   Características del manejo del pastoreo .....              | 17 |
| 3.3   EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO .....                         | 18 |
| 3.3.1   En la producción primaria.....                             | 20 |
| 3.3.2   Intensidad y frecuencia de pastoreo.....                   | 21 |
| 3.3.3   En la composición botánica .....                           | 22 |
| 3.4   EFECTO DEL AMBIENTE SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA ....       | 23 |
| 4     HIPÓTESIS.....                                               | 26 |
| 5     MATERIALES Y METODOS .....                                   | 27 |
| 5.1   CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES .....                   | 27 |
| 5.1.1   Localización y período del sitio experimental .....        | 27 |
| 5.1.2   Descripción del sitio experimental .....                   | 27 |
| 5.1.3   Clasificación de zonas de estudio.....                     | 29 |
| 5.1.4   Antecedentes del área experimental .....                   | 29 |
| 5.1.5   Diseño experimental y descripción de los tratamientos..... | 30 |
| 5.1.6   Manejo del pastoreo.....                                   | 30 |
| 5.2   METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....                               | 31 |

|         |                                                |    |
|---------|------------------------------------------------|----|
| 5.2.1   | Determinaciones en la pastura.....             | 31 |
| 5.2.1.1 | Altura de forraje .....                        | 31 |
| 5.2.1.2 | Materia seca disponible .....                  | 32 |
| 5.2.1.3 | Determinación de composición botánica.....     | 33 |
| 5.3     | MODELO ESTADÍSTICO.....                        | 34 |
| 5.3.1   | Variables de la pastura .....                  | 34 |
| 5.4     | HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS.....                    | 35 |
| 5.4.1   | Modelo estadístico asociado a la pastura ..... | 35 |
| 6       | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                    | 37 |
| 6.1     | Caracterización climática.....                 | 37 |
| 6.1.1   | Temperatura y Precipitaciones .....            | 37 |
| 6.2     | Análisis estadístico del experimento .....     | 38 |
| 6.2.1   | INVIERNO .....                                 | 38 |
| 6.2.1.1 | Disponibilidad de forraje .....                | 38 |
| 6.2.1.2 | Altura y suelo desnudo .....                   | 39 |
| 6.2.1.3 | Distribución de la altura.....                 | 39 |
| 6.2.1.4 | Composición botánica .....                     | 41 |
| 6.2.2   | PRIMAVERA .....                                | 49 |
| 6.2.2.1 | Disponibilidad de forraje .....                | 49 |
| 6.2.2.2 | Altura y suelo desnudo .....                   | 49 |
| 6.2.2.3 | Distribución de la altura.....                 | 50 |
| 6.2.2.4 | Composición botánica .....                     | 51 |
| 7       | CONSIDERACIONES FINALES .....                  | 61 |
| 8       | CONCLUSIONES.....                              | 63 |
| 9       | BIBLIOGRAFÍA.....                              | 64 |
| 10      | ANEXOS .....                                   | 74 |

## Lista de tablas y figuras

### Tabla No.

|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabla 1 Materia seca disponible por tratamiento en kg/ha .....</i>                                                       | <i>39</i> |
| <i>Tabla 2 Efecto de los tratamientos sobre la altura (cm) y suelo desnudo (%) .....</i>                                    | <i>39</i> |
| <i>Tabla 3 Resumen de significancia para la contribución porcentual (%) de cada grupo botanal.....</i>                      | <i>41</i> |
| <i>Tabla 4 Resumen de significancia para la contribución en masa de forraje (kg MS/ha) .....</i>                            | <i>42</i> |
| <i>Tabla 5 Análisis estadístico de la OFxMP en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha).....</i>                       | <i>43</i> |
| <i>Tabla 6 Análisis estadístico para la OF en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha).....</i>                        | <i>44</i> |
| <i>Tabla 7 Análisis estadístico para el MP en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha).....</i>                        | <i>44</i> |
| <i>Tabla 8 Materia seca disponible por tratamiento en kg/ha .....</i>                                                       | <i>49</i> |
| <i>Tabla 9 Efecto de los tratamientos sobre la altura de la pastura (cm) y suelo desnudo (%).....</i>                       | <i>49</i> |
| <i>Tabla 10 Resumen estadístico de significancia para cada grupo en contribución porcentual (%) a la MS disponible.....</i> | <i>52</i> |
| <i>Tabla 11 Resumen estadístico de significancia para cada grupo en masa de forraje (kg MS/ha) .....</i>                    | <i>53</i> |
| <i>Tabla 12 Análisis estadístico para los tratamientos en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha) .....</i>           | <i>54</i> |
| <i>Tabla 13 Análisis estadístico para las zonas en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha).....</i>                   | <i>56</i> |

### Figura No.

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 1 Esquema de vegetaciones pastoreadas con dotaciones, métodos de pastoreo y relaciones lanar/vacuno diferentes.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 2 Mapa de la ubicación del potrero 13 .....</i>                                                                         | <i>27</i> |
| <i>Figura 3 Mapa con las divisiones del experimento .....</i>                                                                     | <i>28</i> |
| <i>Figura 4 Mapa de clasificación con las zonas de estudio .....</i>                                                              | <i>29</i> |

|                                                                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 5 Mapa del experimento con recorrido de transectas fijas para tratamientos de pastoreo Continuo.....</i>    | <i>32</i> |
| <i>Figura 6 Precipitaciones mensuales en el año 2023 y serie histórica (1991 - 2020) para Paysandú.....</i>           | <i>37</i> |
| <i>Figura 7 Evolución de temperaturas mensuales en el año 2023 y serie histórica (1991 – 2020) para Paysandú.....</i> | <i>38</i> |
| <i>Figura 8 Gráficos de cajas (box – plot) para las alturas (cm) para julio y agosto respectivamente .....</i>        | <i>40</i> |
| <i>Figura 9 Análisis de conglomerados para los grupos botanales considerando OF, MP y zona .....</i>                  | <i>45</i> |
| <i>Figura 10 Componentes principales por aporte en contribución porcentual a la MS disponible (%).....</i>            | <i>46</i> |
| <i>Figura 11 Componentes principales por aporte en masa de forraje (kg MS/ha) .....</i>                               | <i>47</i> |
| <i>Figura 12 Gráficos de cajas para las alturas (cm) para setiembre y octubre respectivamente .....</i>               | <i>50</i> |
| <i>Figura 13 Análisis de conglomerados para los grupos botanales considerando OF, MP y zonas.....</i>                 | <i>57</i> |
| <i>Figura 14 Componentes principales por contribución porcentual (%) a la materia seca disponible .....</i>           | <i>58</i> |
| <i>Figura 15 Componentes principales por aporte en masa de forraje (kg MS/ha) .....</i>                               | <i>59</i> |

## RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía - Universidad de la República, ubicada sobre la ruta nacional N.º 3 Gral. José Gervasio Artigas, kilómetro 363, en el departamento de Paysandú, Uruguay. El estudio se desarrolló sobre el potrero 13 ( $-32.387511^{\circ}\text{S}$ ,  $-58.033235^{\circ}\text{O}$ ), abarcando un área de 37,8 hectáreas de campo natural restablecido, donde se encuentra instalado un experimento con una estructura factorial de tratamientos ( $2 \times 2$ ) que evalúa dos métodos de pastoreo (Continuo y Rotativo) y dos niveles de oferta de forraje (Alta y Baja, siendo las combinaciones 12% en primavera - verano y 8% en otoño - invierno, y, 8% en primavera - verano y 4% en otoño - invierno, respectivamente). Los animales utilizados son novillos de recría de raza Holando. Los niveles de oferta de forraje se ajustaron 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, abarcando las estaciones de invierno y primavera. El objetivo del trabajo fue evaluar la composición botánica y características de la estructura de un campo natural sometido a dos niveles de oferta de forraje y a dos métodos de pastoreo, asociado a los distintos tipos de suelo presentes en el potrero (Bajo, Medio y Litosol), según cartografía y estimación visual a campo. Las variables determinadas fueron altura del forraje (cm), masa de forraje presente (kg MS/ha) y composición botánica. Para el análisis de los resultados, se utilizó el software estadístico InfoStat aplicando técnicas de estadística inferencial multivariadas y univariadas (ANAVA). Posteriormente, se realizaron pruebas de comparación de medias mediante Tukey con nivel de significancia al 10%. Los resultados mostraron que la estructura (altura) de la pastura estuvo condicionada por el método de pastoreo, más que por el nivel de oferta de forraje, con alturas mayores en el Rotativo. La composición botánica estuvo definida principalmente por la zona estudiada, con respuestas independientes según el método de pastoreo y nivel de oferta de forraje, observándose conjuntos contrastantes en tipos vegetativos y productivos, según estos dos últimos factores.

*Palabras clave:* métodos de pastoreo, altura de forraje, estructura de la pastura, composición botánica, análisis multivariado

## SUMMARY

The present work was carried out at the Mario A. Cassinoni Experimental Station of the Faculty of Agronomy - University of the Republic, located on National Route No. 3 Gral. José Gervasio Artigas, Kilometer 363, in the department of Paysandú, Uruguay. The study was developed in on paddock 13 (La  $-32.387511^{\circ}\text{S}$  y Lo  $-58.033235^{\circ}\text{O}$ ), covering an area of 37,8 hectares of reestablished natural grassland, where an experiment with factorial treatment structure (2x2) is set up to evaluate two grazing methods (Continuous and Rotational) and two forage allowance levels (High and Low, with combinations being 12% in spring-summer and 8% in autumn-winter, and 8% in spring-summer and 4% in autumn-winter, respectively). The animals used are Holando steers in the rearing phase. The forage allowance levels (FAL) are adjusted monthly according to forage availability (kg DM/ha) and the expected growth rate, regulating animal loads based on monthly weighing data. The evaluation period extended from July 24 to October 30, 2023, encompassing the winter-spring. The objective of the study was to characterize the structural heterogeneity and botanical composition of the natural grassland subjected to two different levels of forage supply and two different grazing managements, associated to the different types of soil presented in the pasture (Lowland, Mid-slope and Lithosol), according to cartography and visual field estimation. The variables determined were forage height (cm), forage mass present (kg DM/ha) and botanical composition. For the analysis of the results, the statistical software InfoStat was used, applying multivariate and univariate inferential statistical techniques (ANOVA). Subsequently performing mean comparison tests using Tukey's test with significance level of 10%. The results showed that the pasture structure (height) was conditioned by the grazing method, more than the forage allowance level; with greater heights in the Rotational method. The botanical composition was primarily defined by the studied zone, with independent responses according to the grazing method and forage allowance level; observing contrasting sets in vegetative and productive types, according to these latter two factors.

*Keywords:* grazing methods, forage height, pasture structure, botanical composition, multivariate analysis

## 1 INTRODUCCIÓN

Históricamente, la ganadería ha sido el rubro principal en el Uruguay, desarrollándose mayormente sobre campo natural (Carriquiry, 2011). El Campo natural representa el 69,5% de la superficie en pastoreo, abarcando 11,3 millones de hectáreas (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2025).

La gran problemática en la ganadería a nivel nacional está en la baja productividad. La brecha productiva del rubro podría representar la más importante de todo el sector agropecuario (Oyhantçabal et al., 2019). Las pasturas naturales en Uruguay, dada su baja productividad y calidad, junto con manejos inadecuados del pastoreo, de altas cargas y relaciones lanar/vacuno, han limitado la productividad de los sistemas ganaderos, debido a restricciones nutricionales y/o degradación del recurso natural (Berretta, 2000).

El manejo del pastoreo desempeña un rol clave para optimizar la producción, siendo el control de la intensidad y frecuencia de pastoreo dos de las variables manejables (Heitschmidt & Walker, 1983; Nabinger, 1999). La estructura de la pastura consecuente resultante del manejo, entendida como la disposición espacial de la biomasa aérea, es determinante de la dinámica del crecimiento de las plantas y competencia en las comunidades vegetales, así como del desempeño del animal en pastoreo (Carvalho et al., 2001; Laca & Lemaire, 2000).

Por lo tanto, se deben desarrollar estrategias de manejo que consideren integralmente las interacciones del complejo suelo-planta-animal en las pasturas naturales (Carámbula, 1994). En este sentido, Boggiano et al. (2005) destacan que ajustes en el manejo del pastoreo como frecuencia e intensidad permiten lograr mejoras en la productividad.

Existen antecedentes nacionales e internacionales sobre la evaluación del efecto del método de pastoreo a cargas fijas (Berretta, 2005; Briske et al., 2008; De Souza et al., 1989; Formoso, 2005; Sollenberger et al., 2012), y del efecto del ajuste de carga mediante el concepto de oferta de forraje (Aguinaga et al., 2004; Mezzalana et al., 2012; Nabinger, 1999). Un trabajo reciente de Camarano Martínez et al. (2024), donde estudian la heterogeneidad estructural de un campo bajo dos ofertas de forraje en pastoreo continuo y rotativo, da lugar a continuar una investigación en un área ya explorada.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivos generales

Evaluar la composición botánica y las características de la estructura de un campo natural sometido a dos niveles de oferta de forraje y a dos métodos de pastoreo.

### 2.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto del nivel de oferta de forraje (OF) y del método de pastoreo sobre la estructura de la pastura.

Evaluar el efecto del nivel de oferta de forraje (OF) y del método de pastoreo sobre la composición botánica del forraje disponible.

### 3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CAMPO NATURAL

##### 3.1.1 Definición de campo natural

Los campos naturales incluyen campos vírgenes que nunca fueron cultivados y campos en diferentes etapas de la sucesión secundaria. Si bien no se tiene información precisa sobre la superficie que ocupa cada situación de sucesión, se cree que los campos vírgenes ocupan la mayor parte (Berretta & do Nascimento, 1991). Estos autores sugieren que el término más utilizado localmente para referirse a los pastizales naturales en pastoreo es “Campos”.

Los campos naturales se caracterizan por ser un mosaico complejo, compuesto por un número muy grande de especies que varían en sus frecuencias y en sus hábitos ecológicos y fisiológicos, donde se adaptan a las condiciones cambiantes del material geológico, suelo y topografía, bajo el efecto del pastoreo (Milot et al., 1987).

La producción pecuaria se obtiene en sistemas pastoriles a cielo abierto donde el 71,1 % de un total de 16.419.683 ha son campos naturales (Censo General Agropecuario, 2000, como se cita en Boggiano & Berretta, 2006).

Según los datos brindados por la DIEA (2025), la superficie de campo natural en el ejercicio 2023/24 fue de 11.373.255 ha, una disminución del área en un 30,7% con respecto a lo citado en el párrafo anterior.

##### 3.1.2 Composición del campo natural

Según Del Puerto (1969), la composición de los campos presenta una gran heterogeneidad con más de 450 especies y variedades botánicas. El tapiz natural presenta una abundancia de especies C4 (estivales) las cuales presentan mayor eficiencia en el uso de nitrógeno y agua que las C3 (invernales), presentando mayor adaptación a suelos más pobres y a la sequía. Ello se confirma por el hecho de que en suelos más fértiles y profundos generalmente existe una contribución mayor de especies invernales. Ambos grupos se encuentran mezclados en proporciones variables, lo que refleja la complejidad del tapiz natural y su manejo (Rosengurt, 1943).

Considerando lo establecido por Rosengurt (1946) y Carámbula (1996), las especies estivales (C4) brotan con los calores primaverales, adquieren vigor desde octubre hasta diciembre y crecen en verano según la disponibilidad de humedad,

presentando lozanía durante las sequías normales. Florecen desde octubre hasta abril, ofrecen su máxima producción en otoño y reducen su crecimiento con las temperaturas frías y heladas, deteniendo su crecimiento a 15 °C y teniendo un óptimo en 30 - 35 °C, reposo invernal es definido y completo. Entre los principales géneros de gramíneas estivales deben citarse: *Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Botriochloa*, *Bouteloua*, *Chloris*, *Coelorachis*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Eleusine*, *Eragrostis*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium*, *Setaria* y *Sporobolus* (Carámbula, 1996).

Según Rosengurtt (1946) y Carámbula (1996), las especies invernales (C3) brotan luego de las primeras lluvias de otoño, adquieren vigor desde abril y su crecimiento invernal depende de la intensidad de las temperaturas bajas, pudiendo llegar a crecer hasta con temperaturas de 5- 10°C, siendo su óptimo 20°C, manteniendo lozanía frente a las heladas. Su máximo crecimiento se produce en primavera, floreciendo desde septiembre hasta noviembre; durante el verano, el crecimiento se reduce al mínimo. Su producción en esta época depende de la intensidad del reposo, delimitado fundamentalmente por la humedad. Los géneros de gramíneas invernales más destacados son: *Agrostis*, *Briza*, *Bromus*, *Chascolytrum*, *Danthonia*, *Hordeum*, *Lolium*, *Melica*, *Piptochaetium*, *Poa*, *Stipa* y *Vulpia* (Carámbula, 1996).

También integran los campos especies de las familias *Compositae*, *Leguminosae*, *Ciperaceae*, *Umbeliferae*, *Rubiaceae*, y *Oxalidaceae* (Del Puerto, Rosengurtt, Berretta, como se cita en Boggiano & Berretta, 2006).

Dentro de las causas implicadas en la escasa aparición de gramíneas invernales sería el manejo de pastoreo no ajustado (Carámbula, 1996).

### 3.1.3 Importancia del campo natural

La producción ganadera se sustenta sobre una cubierta vegetal variable en composición florística y densidad, según condiciones edáficas y adaptada a las oscilaciones de las condiciones climáticas estacionales y de largo plazo. Esta relativa estabilidad de la producción de los campos permitió el desarrollo de una ganadería con aplicación reducida de insumos, que hoy se manifiesta en la posibilidad de producción de carne natural o ecológica, demandada por mercados exigentes (Boggiano & Berretta, 2006).

El campo natural constituye la base de la actividad exportadora de la cadena carne. Sin la elevada productividad de este recurso, la competitividad de la cadena se deteriora, y ese sería un aspecto crítico para la economía nacional. Los recursos humanos, sociales y productivos comprometidos en ella son muy relevantes para contar con un producto de elevada calidad y altísimo valor a bajo costo. A su vez, es una fuente de resiliencia y mitigación a las fluctuaciones climáticas (Soca, 2017).

La mayor parte de la producción ganadera se basa sobre campo natural, donde se identifican diferentes comunidades vegetales integradas por diversas especies. Las condiciones climáticas, edáficas y de manejos van a estar determinando la proporción en que estas se asocian. El objetivo más importante del manejo del campo natural es la producción animal sostenida en el tiempo, logrando conservar el recurso forrajero (Berretta et al., 1990).

Es por ello que Uruguay es reconocido como un país ganadero. Sin embargo, las deficiencias que presentan las pasturas naturales requieren de una creciente atención (Carámbula, 1987).

Nabinger et al. (2011) complementan que las pasturas, además de ser fuente de alimento para los herbívoros, cumplen otras funciones tales como la conservación de la biodiversidad, el control de flujos de nutrientes, el balance de gases de efecto invernadero, la calidad de las aguas y la manutención del paisaje, aunque estas funciones pueden ser modificadas por el pastoreo.

Nabinger y de Faccio Carvalho (2009) comentan que el potencial de las pasturas naturales está muy lejos del actual explotado. Aun así, señalan que el conocimiento actual podría ser suficiente para cambiar la actividad que se sostiene sobre este recurso. Una oportunidad es la posibilidad de diferenciar el producto animal por sus características nutracéuticas que se genera por una dieta basada en especies vegetales.

Para hacer más competitiva a la ganadería frente a la agricultura y la forestación, el camino consiste en incrementar su productividad, así como resaltar su valor como recurso para la conservación de la calidad del ambiente (calidad del agua, captura de carbono, conservación del suelo, fuente de recurso fitogenéticos, y hábitat de fauna nativa) (Boggiano, 2014).

## 3.2 MANEJO DEL PASTOREO

### 3.2.1 Introducción

El manejo del pastoreo es uno de los factores sobre los que más se puede incidir mediante tecnologías de bajo o nulo costo, aunque requieren atención y conocimiento. Las decisiones de manejo determinan la frecuencia, intensidad, uniformidad y momentos de las defoliaciones, variables que afectan la producción y calidad del forraje (Saldanha, 2005).

El desconocimiento o la incorrecta aplicación de las variables de manejo del pastoreo lleva a la disminución y/o desaparición de las especies forrajeras más valiosas y a la sobrevivencia de aquellas menos productivas y/o tolerantes al manejo inadecuado, lo que reduce la productividad primaria y secundaria de nuestro ecosistema pastoril (Boggiano et al., 2005).

En nuestro país, el pastoreo continuo con cargas relativamente elevadas y fijas a lo largo del año, ha contribuido a la predominancia de especies rastreras estivales y al aumento del área ocupada por malezas enanas y de alto porte. Así mismo, ha provocado una importante y continua pérdida de especies finas, principalmente invernales (Saldanha, 2005).

Al minimizar la selectividad animal, se maximiza la utilización de la pastura, la cual está limitada por la distribución de la biomasa aérea en altura (Saldanha, 2005).

Cuando se excluye el pastoreo de áreas en las que se ha mantenido el pastoreo por décadas, se observa un incremento de los pastos cespitosos que forman maciegas, y una reducción de los de porte bajo. Concomitantemente aumenta la presencia de subarbustos y arbustos. A medida que los pastos aumentan el tamaño de sus matas, disminuye el número de individuos (Berretta, 1996).

Con la exclusión del pastoreo también se produce una alta acumulación de restos secos como mantillo que provoca alteraciones importantes en la retención de agua en el suelo. Estas alteraciones junto con el aumento de la altura de los pastos y arbustos, modifican el microclima (Berretta, 1996).

### 3.2.2 Características del manejo del pastoreo

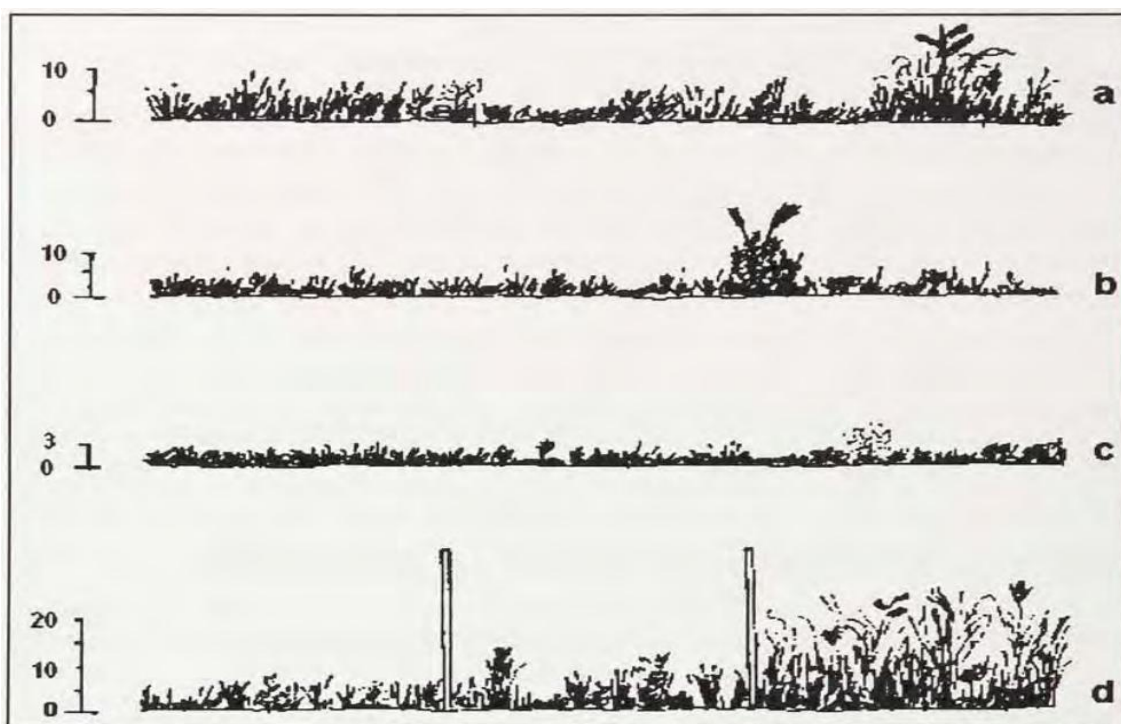
El pastoreo es una de las principales herramientas de manejo mediante la cual es posible regular el flujo de captación y transformación de energía solar en producto animal, incidiendo tanto sobre la productividad del recurso como sobre su capacidad de resiliencia. La carga animal es la principal medida vinculada al manejo del pastoreo a través de la cual se regula el flujo de energía ecosistemas pastoriles (Heitschmidt & Taylor, 1991).

El control de la oferta -o nivel de asignación- de forraje, definido como los kg de MS cada 100 kg de peso vivo, sería el principal criterio de manejo para controlar la intensidad de pastoreo.

La frecuencia e intensidad de pastoreo pueden definir el nivel de producción animal de una pradera, ya que las especies que la componen determinan la producción de forraje y su calidad, tanto en el aporte de forraje de cada especie como de cada componente morfológico (tallo, hoja y material muerto) (White & Hodgson, 1999).

#### Figura 1

*Esquema de vegetaciones pastoreadas con dotaciones, métodos de pastoreo y relaciones lanar/vacuno diferentes*



*Nota.* Adaptado de Berretta (1998).

En la figura 1 se esquematiza el estado de pasturas naturales de similar composición que han estado sometidas durante 9 años a diferentes dotaciones (0,8 y 1 UG/ha), métodos de pastoreo (continuo y rotativo, 30 días pastoreo + 60 días descanso) y relación lanar/vacuno. La dotación 0,8 UG/ha continua y relación 2/1 no ha provocado cambios importantes en la vegetación (a). Cuando la dotación continua se incrementa, comienzan a registrarse algunos cambios, en particular en la frecuencia de hierbas enanas y pastos de porte bajo, estoloníferos (b). Si además del aumento de dotación, la relación lanar/vacuno pasa a 5/1, la sustitución de especies más productivas por otras menos productivas se hace más notable (c). (Berretta, 1998).

En pastoreo rotativo, con descansos, con la dotación de 1 UG/ha, las diferencias entre las relaciones lanar/vacuno son escasas. Las especies dominantes en estas vegetaciones son cespitosas; las de bajo porte y arrosetadas tienden a reducirse en estas condiciones (d). Posiblemente, debido a un período de descanso excesivo para el tipo de vegetación analizada, se verifica un incremento de pastos tierno - ordinarios y ordinarios como *Andropogon ternatus*, flechilla (*Aristida uruguayensis*), *Paspalum plicatulum* y *Schizachyrium spicatum*. Sin embargo, es posible administrar mejor el forraje, particularmente con reservas en pie para la época invernal (Berretta et al., 1990; Berretta, 1998d, como se cita en Berretta et al., 2001).

Hay un efecto del método de pastoreo que se mantiene en el tiempo. En potreros con pastoreo rotativo, aún con carga y relación lanar/vacuno relativamente alta, se registra un mayor rebrote que en aquellos que han tenido pastoreo continuo y carga igual o algo menor. Por lo tanto, los descansos favorecen la recomposición del tejido fotosintético y, por consiguiente, la capacidad de las plantas para producir alimentos para su supervivencia (Berretta et al., 2001).

Los animales en pastoreo prefieren ciertos tipos de vegetación más que otros, por lo que las diferentes comunidades dentro de un potrero tienen distinta utilización. Por otra parte, los animales tienden a frecuentar aquellas donde los pastos poseen mayor calidad y pueden cubrir sus necesidades alimenticias (Augustine & McNaughton, 1998).

### 3.3 EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO

Según Allen et al. (2011), el manejo del pastoreo es la “manipulación del pastoreo en la búsqueda de un objetivo específico o conjunto de objetivos”. En este

sentido, Millot et al. (1987) aluden que “un buen manejo del pastoreo será el que, asegurando un rebrote rápido y continuo de la pastura, resulte en una alta utilización del forraje con buen comportamiento animal”.

Nabinger y de Faccio Carvalho (2009) comentan que para abordar la problemática forrajera se precisa una correcta conceptualización y comprensión de la interacción suelo-clima-planta-animal. Para ello, proponen un modelo conceptual con el fin de comprender estas complejas relaciones. Generar este conocimiento acerca de la construcción del forraje y del proceso de cosecha animal en pastoreo, será de utilidad para comprender las relaciones causa-efecto que presentan las plantas y los animales. Además, destacan que los atributos morfogenéticos de las plantas determinan la arquitectura, estructura y funcionamiento de las comunidades afectando la accesibilidad de los animales al forraje, generando interacciones competitivas entre especies e individuos. Esto genera que a la hora del pastoreo las especies sean defoliadas diferencialmente a favor de unas y en detrimento de otras, generando cambios en la composición botánica afectando la calidad, cantidad y estacionalidad del forraje e incidiendo en la producción secundaria. Es por esto que el manejo del pastoreo debe contemplar aspectos morfogenéticos de las plantas, así como también del comportamiento ingestivo de los animales.

La defoliación selectiva es el mecanismo del pastoreo en el cual los animales crean heterogeneidad, tanto entre especies como dentro de plantas de la misma especie. Esto modifica el ambiente y la biomasa de las plantas, afectando la competitividad de las mismas por los recursos (Rook & Tallowin, 2003). Sumado a lo anterior, Millot et al. (1987) complementan que el valor nutritivo de la dieta puede mejorar mediante el pastoreo selectivo, aunque éste, frente a una disminución en cantidad puede limitar el tamaño de bocado y/o tasa de consumo.

Galli et al. (1996) destacan que el factor principal para la productividad animal es la cantidad de alimento consumido. Esto, en gran medida, depende de la cantidad y calidad del forraje producido, capacidad del animal para cosechar y utilizarlo eficientemente y de la capacidad del productor para manejar los recursos disponibles.

Debido a la heterogeneidad de las pasturas naturales de nuestro país, los animales causan cierta presión de pastoreo sobre aquellas especies más apetecidas. Esto

puede reducir su presencia, favoreciendo las especies de peor calidad que son menos preferidas (Millot et al., 1987). En este aspecto, Boggiano et al. (2005) comentan que el desconocimiento o la aplicación incorrecta de las variables que inciden en el pastoreo puede favorecer la sobrevivencia de especies menos productivas en detrimento de las especies más valiosas. Esto puede provocar una disminución en la producción de forraje, y por lo tanto, en la producción secundaria.

### 3.3.1 En la producción primaria

Zanoniani et al. (2004) señalan que la productividad de la pastura se ve fuertemente influenciada por el manejo del pastoreo. Esto no solo determina la cantidad de forraje cosechado, sino que también condiciona la capacidad de competencia y sobrevivencia de las plantas. En la región de Basalto, Millot y Saldanha (1998) observan que al variar la frecuencia de pastoreo con intervalos desde 20 hasta 80 días se da un cambio tanto en la tasa de crecimiento del forraje como en la distribución estacional. Por lo tanto, el manejo del pastoreo también es capaz de modificar la estacionalidad de la producción.

Altesor et al. (2005) presentan evidencias que el pastoreo puede modificar la PPNA, y según Oosterheld et al. (2005) se genera un aumento de 51% en la PPNA bajo pastoreo en comparación con tratamientos sin pastoreo. Además, señalan que la PPNA puede verse modificada debido al efecto que tendrían los cambios estructurales, como la composición de especies, tipos funcionales y distribución vertical, a causa de la promoción que realiza el pastoreo sobre los niveles de recursos como lo son el agua, nutrientes y luz.

La densidad de la pastura, la altura y la relación hoja/tallo inciden sobre el consumo animal. Según la composición del tapiz y la distribución del forraje, el efectuar un manejo adecuado será el factor decisivo para lograr altos niveles de productividad, tanto de la producción primaria como secundaria (Millot et al., 1987).

En base a lo mencionado anteriormente, Ayala y Bermúdez (2005) concluyen que tanto el estado y estructura de la pastura al momento del pastoreo, como también la frecuencia e intensidad, tienen una gran influencia en la cantidad y calidad de forraje producido en el corto y largo plazo, así como también en la composición botánica de la pastura, repercutiendo en la producción forrajera. Reafirmando esto, Nabinger et al.

(2006) agregan que es necesario conocer una adecuada combinación entre intensidad y frecuencia de defoliación para evitar un deterioro en la pastura y favorecer una adecuada productividad.

### 3.3.2 Intensidad y frecuencia de pastoreo

Mediante el manejo de la intensidad, definido como el forraje remanente post pastoreo, se determina la cantidad de forraje cosechado durante el pastoreo, el crecimiento de forraje subsiguiente y la calidad del forraje remanente y, por lo tanto, la producción total. Una mayor intensidad impacta positivamente sobre la cosecha de forraje, pero afecta negativamente el crecimiento futuro, siendo dicha intensidad determinada por las especies predominantes en el tapiz (Carámbula, 1996).

Berretta (2003) señala que cuando se genera un desbalance entre la carga y la producción potencial de la pastura, puede producirse una baja en la producción animal, y una degradación del tapiz vegetal por sobrepastoreo, o bien un endurecimiento y ensuciamiento por subpastoreo. En el caso de un mejoramiento, una carga elevada puede provocar la pérdida de una especie introducida.

Ayala y Bermúdez (2005), para suelos de lomadas de la región Este, destacan que mediante pastoreos intensos (remanente de 2,5 cm), recomendado para la estación invernal, se logra un mayor aprovechamiento del forraje producido, principalmente en los estratos más bajos. Asimismo, pastoreos más frecuentes e intensos producen menos forraje, pero de mejor calidad y provocan mayores cambios en la composición florística de la pastura, al favorecer malezas enanas y especies de porte decumbente o rastrero. Por otro lado, los pastoreos menos frecuentes favorecen a las especies perennes más productivas de porte erecto, incrementando la diversidad, pudiéndose dar un detrimento de calidad en el caso de manejos aliviados.

En este sentido, Zanoniani (2009) señala que el sobrepastoreo durante la estación invernal ha llevado, por efectos sucesivos y acumulativos, a pasturas predominantemente primavera-estivo-otoñal. Según Carámbula (1996), esto se debe a la disminución y/o desaparición de especies invernales que son más apetecidas por el ganado.

Ayala y Bermúdez (2005) afirman que dotaciones de 1,07 UG/ha/año consideradas altas, no serían sustentables en el largo plazo. En cambio, dotaciones de

0,75 UG/ha/año o inferiores no son capaces de maximizar la productividad, mientras que dotaciones de 0,92 UG/ha/año resultaron las más adecuadas. Del mismo modo, Berretta (2003) refiere a valores de cargas óptimas entre 0,5 y 0,85 UG/ha para los distintos tipos de campos, pudiendo alcanzar cargas de 1,5 a 2 UG/ha en el caso de mejoramientos.

Este último autor señala que no se encontraron grandes diferencias sobre la producción total de forraje utilizando entre 40 y 80 días de descanso, siendo los períodos más prolongados los que promovieron una mayor producción invernal sin afectar la calidad. La utilización de períodos de descanso permite el afinamiento de los campos, favoreciendo el aumento en la frecuencia de los pastos cespitosos finos, como *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum* y *Stipa setigera*, desplazando a las especies postradas, malezas enanas y especies no palatables.

En este sentido, Boggiano et al. (2005) sugieren utilizar frecuencias diferenciales de 40 días de descanso entre pastoreos para primavera y verano, y 60 días en invierno. El cambio de la composición botánica permite pasar de 70 kg/ha de carne equivalente para pasturas degradadas a 150 kg/ha luego de recuperar el tapiz mediante manejos menos frecuentes.

### 3.3.3 En la composición botánica

Según Berretta (2003), el principal factor que determina la composición botánica es la carga utilizada, la cual debe ser ajustada junto con determinados períodos de alivio para adaptarse a la producción potencial del campo. El manejo adecuado de estos factores permite mantener una vegetación productiva y vigorosa.

Altesor et al. (1998) señalan que en campos de Uruguay ocurre un aumento de la riqueza de especies, principalmente las gramíneas de crecimiento postrado y las hierbas nativas no palatables. En este aspecto, en un estudio de composición florística y diversidad en Palleros, Cerro Largo, luego de 55 años de pastoreo ininterrumpido se observó un aumento significativo en la riqueza de especies en detrimento de la calidad forrajera. En 1935, el 79% de las especies relevadas por Gallinal et al. (1938) pertenecían a la familia Poaceae, mientras que en 1990 las mismas correspondían al 48% de las especies registradas (Altesor et al., 1998). Durante ese período se observó un incremento de especies con mecanismos o formas de crecimiento que les permitirían

evadir el pastoreo, en concordancia con lo señalado por Millot et al. (1987). Por otra parte, Boggiano et al. (2005) señalan que, si bien los descansos prolongados favorecen a las especies cespitosas mejorando la productividad del campo natural, también pueden provocar un aumento de gramíneas de alto porte y malezas de campo sucio que son rechazadas durante el pastoreo. Así mismo, afirman que las leguminosas sembradas y las malezas son las más afectadas en el cambio del manejo de pastoreo. Al pasar de un manejo continuo a rotativo, las leguminosas en un bajo de la formación Fray Bentos pueden aumentar hasta un 400%, mientras que las malezas se ven deprimidas.

Los grandes herbívoros generan efectos sobre las comunidades vegetales en los ecosistemas pastoriles, que dependen en gran medida de las características de las plantas que componen la pastura como de los herbívoros presentes en estas (Liu et al., 2015).

En este sentido, Rosito y Maraschin (1984) aseguran que los herbívoros juegan un papel fundamental en el estado de las especies, constituyendo una fuerza desencadenante de procesos evolutivos, que puede evaluarse mediante cambios en la composición y estructura de la población de especies que componen la pastura.

Las variables manejadas por el hombre referidas al pastoreo, como la carga animal, relación lanar/vacuno, método de pastoreo, junto con la influencia del clima sobre las especies, influyen sobre la dirección de los cambios en los componentes de la vegetación natural y la proporción. Estos cambios estarán condicionados por el potencial productivo, inherentes al propio tipo de campo y por la etapa de sucesión ecológica que le corresponda (Formoso, 1990).

En este sentido, Lezama Huerta (2005) sugiere que el régimen de perturbación asociado al ganado, actúa como un control importante de la heterogeneidad florística en interacción con factores ambientales junto con las situaciones de manejo, que en consecuencia promueve el incremento de esta heterogeneidad incrementando así la divergencia entre las comunidades.

### 3.4 EFECTO DEL AMBIENTE SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

La diversidad biológica, medida como riqueza de especies, varía con las estaciones del año, teniendo por lo general el mayor número en otoño e invierno y menor en verano (Boggiano & Berretta, 2006).

Por este motivo, dependiendo de la estación del año, la presencia o ausencia de una especie resulta relevante desde el punto de vista ecológico, ya que indicaría que la misma es capaz de crecer y reproducirse en tales condiciones. Las principales limitaciones estarían determinadas por las condiciones climáticas y edáficas, mientras que los aspectos cuantitativos dependerían fundamentalmente de la dinámica poblacional (Olmos, 1990).

Por otra parte, Formoso (1990) menciona que la proporción entre los componentes de la vegetación varía de una estación a otra como consecuencia de cambios en las relaciones de competencia entre especies y de la influencia del clima. Por ende, las variables de manejo (carga, relación lanar/vacuno, métodos de pastoreo) en interacción con los factores ambientales, tendrán incidencias sobre la dirección de esos cambios.

Variables ambientales a una escala local pueden llegar a ser limitantes para el crecimiento vegetal, como la fertilidad del suelo, disponibilidad de agua, características físicas y la presencia de animales. El efecto de estas variables sobre las praderas se aprecia en cambios en la composición botánica (Gasto et al., como se cita en López & Valentine, 2003).

Según Lezama Huerta (2005), la disponibilidad de agua asociada a características edáficas y topográficas aparece como el principal control ambiental de los gradientes de vegetación, tanto florísticos como funcionales. Esto evidencia que las precipitaciones tienen un rol fundamental en la expresión de las especies y los cambios temporales o permanentes de las comunidades vegetales.

La textura de los suelos es una propiedad física básica, que, junto con la materia orgánica y la proporción de sodio, determinan la estructura. Suelos ricos en sodio tiene problemas de estructura, lo que genera una limitante para el crecimiento vegetal, resultado de la disminución de la permeabilidad, porosidad y del drenaje interno (Cuttle, 2008).

Algunas especies se presentan en distintos sistemas pastoriles, variando sus frecuencias, mientras que otras solamente se presentan en determinadas regiones. La topografía y tipos de suelo son claves para la determinación de la composición botánica.

Estos factores generan diferencias en el ambiente, lo cual se traduce en un gradiente de vegetación (Royo Pallarés et al., 2005).

La calidad del campo depende del suelo y de las especies que pueda sostener. Los campos de mayor potencial de producción son aquellos que poseen suelos fértiles y especies productivas. Mientras que los suelos de menor potencial, poseen en mayor proporción pastos improductivos y malas hierbas. La determinación de la calidad debe considerar el tipo productivo de los pastos y la superficie ocupada por los mismos (Rosengurtt, 1946).

A medida que los suelos son más profundos, aumenta la proporción de especies tiernas y finas, disminuyendo los pastos ordinarios y duros. Cuando se relacionan los tipos de suelo con el tipo productivo, se aprecia que a medida que las condiciones edáficas empeoran para el crecimiento vegetal, también lo hace el tipo productivo de la pastura (Berretta, 1998).

#### 4 HIPÓTESIS

1. La estructura de la pastura como altura estará condicionada fundamentalmente por el nivel de OF, logrando estructuras más altas con niveles altos de OF.
2. La heterogeneidad de la estructura como altura estará condicionada por el nivel de OF y en menor medida, por el método de pastoreo.
3. La composición botánica de la masa de forraje disponible estará condicionada por el método de pastoreo y el nivel de OF. Con pastoreos rotativos y de alta OF se benefician grupos de especies de tipo cespitosas; y con pastoreos continuos de baja OF, grupos de tipo estoloníferas - postradas.

## 5 MATERIALES Y METODOS

### 5.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

#### 5.1.1 Localización y período del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en el potrero N° 13 (Latitud  $32^{\circ} 23'23,5''$  S y Longitud  $58^{\circ} 01'59''$  O), en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay, localizada sobre la ruta nacional N° 3 Gral. José Gervasio Artigas, en el kilómetro 363.

#### **Figura 2**

*Mapa de la ubicación del potrero 13*



*Nota.* Elaborado utilizando imágenes satelitales de programa Google (2025).

El período de evaluación se extendió desde el 24 de julio 2023 al 30 de octubre de 2023, abarcando las estaciones de invierno y primavera.

#### 5.1.2 Descripción del sitio experimental

El área experimental fue de 36 hectáreas. Cada tratamiento abarcó una superficie similar de 9 hectáreas. Las áreas de los tratamientos de carga Rotativa se dividieron en 14 subparcelas de aproximadamente 0,64 hectáreas (Figura 3).

**Figura 3***Mapa con las divisiones del experimento*

*Nota.* Elaborado utilizando imágenes satelitales de programa Google (2025).

Según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976), el área experimental se ubica sobre la Unidad de suelos San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos.

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

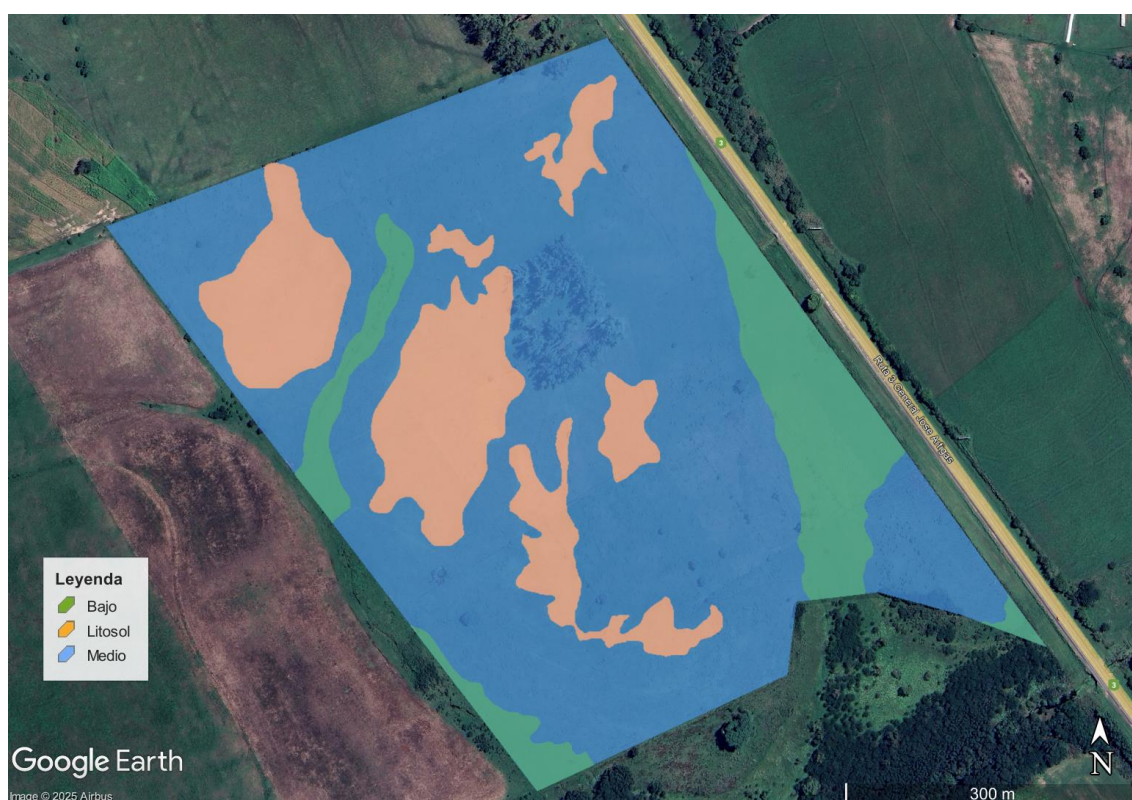
En la unidad de suelos San Manuel se encuentran como suelos dominantes Brunosoles Éútricos Típicos, de textura limo arcillosa con fases superficiales y moderadamente profundos. Como suelos asociados, Brunosoles Éútricos Lúvicos, limosos con fases sódicas, suelos Solonetz Solodizados Melánicos de textura franco, y también Gleysoles (Durán, 1976).

### 5.1.3 Clasificación de zonas de estudio

El área de estudio se clasificó en tres zonas, Litosol (suelos de menor desarrollo), medio y bajo (suelos de mayor desarrollo) (Figura 3). Para la identificación de las mismas se tiene en cuenta la carta de reconocimientos de suelos del Uruguay, la posición topográfica del potrero y el análisis de imágenes satelitales.

#### Figura 4

*Mapa de clasificación con las zonas de estudio*



*Nota.* Elaborado utilizando imágenes satelitales de programa Google (2025).

### 5.1.4 Antecedentes del área experimental

Según Camarano Martínez et al. (2024), el potrero era utilizado en agricultura hasta el año 1978, cuando se siembra un cultivo de trigo con una pradera consociada de *Festuca arundinacea* cv K31, *Lotus corniculatus* cv San Gabriel, *Trifolium pratense* cv LE116 y *Trifolium repens* cv Zapican (P. Boggiano, comunicación personal, s.f.).

Desde ese momento, no se realizan nuevas siembras. El campo comienza un proceso de regresión hacia lo que es hoy en día, un campo natural restablecido; evidenciado por la presencia de especies indicadoras, tales como *Aristida uruguayensis*,

*Coelorhachis selloana*, *Eupatorium subhastatum* y *Heimia salicifolia* que se encuentran generalizadas en el área.

Posteriormente, desde 1989 hasta el año 1998, funcionó en un área de 2,5 hectáreas un experimento que evaluó distintas frecuencias de pastoreo, con diferentes días de descanso (20, 40, 60 y 80 días) y pastoreo continuo en el resto del área (Milot et al., 1989). A partir del año 1998, toda el área se maneja en pastoreo rotativo con períodos de ocupación y descanso variables.

A partir del año 2022, se instalan los tratamientos del presente experimento de evaluación de métodos de pastoreo (continuo y rotativo) a dos niveles de ofertas de forraje, en el marco del proyecto CSIC I+D 2020, Alternativas para la regeneración productiva del campo natural en los sistemas ganaderos; ¿es el método de pastoreo el factor clave?

#### 5.1.5 Diseño experimental y descripción de los tratamientos

En un experimento con arreglo factorial 2x2 se evalúan dos métodos de pastoreo, carga Continúa y carga Rotativa a dos niveles de oferta de forraje (OF), Alta y Baja, generando cuatro tratamientos de la combinación de los niveles de los factores: Continuo Alta (CA), Continuo Baja (CB), Rotativo Alta (RA) y Rotativo Baja (RB). Los tratamientos fueron asignados al azar entre las parcelas.

El nivel de OF (kg MS/100 kg PV) Alta mantiene 8% invierno, y 12% en primavera, mientras que el nivel de OF (kg MS/100 kg PV) Baja mantiene 4% en invierno, y 8% en primavera.

A efecto del análisis de las variables medidas en la pastura se utilizaron las transectas en las zonas como pseudoreplicas, al no contarse con repeticiones reales.

#### 5.1.6 Manejo del pastoreo

En los pastoreos de carga continua (CC), los animales permanecen en el área de las parcelas durante todo el período, sin períodos de descanso para la pastura. En los pastoreos con carga Rotativa (CR) los animales rotan entre las parcelas con períodos de pastoreo de 3 días y 42 días de descanso, estableciendo un ciclo de pastoreo de 45 días.

## 5.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología consistió en el seguimiento del experimento con mediciones de las alturas de forraje, masa de forraje a partir de cortes realizados en jaulas de exclusión, y estimación de la composición botánica del aporte de materia seca por método BOTANAL.

### 5.2.1 Determinaciones en la pastura

#### 5.2.1.1 Altura de forraje

La altura del forraje se midió con regla graduada, registrando la altura de la lámina verde más alta que contactaba sobre la regla (Cayley & Bird, 1996), sin considerar las láminas que se encontraban sobre vástagos florales.

En los pastoreos de CC, se distribuyeron entre 280 – 300 puntos de medición en 14 transectas fijas para el tratamiento CA, y en 11 transectas fijas para el tratamiento CB (Figura 5), en las siguientes fechas: 29/7, 30/8, 25/9 y 30/10; agrupadas por zonas según la observación a campo. El recorrido por las transectas se realizó comenzando y finalizando siempre en el mismo punto, a fin de mantener el sentido del monitoreo y la evolución de alturas por zona estudiada.

### Figura 5

*Mapa del experimento con recorrido de transectas fijas para tratamientos de pastoreo Continuo*



*Nota.* Elaborado utilizando imágenes satelitales de programa Google (2025).

En los pastoreos de CR, se distribuyeron homogéneamente 20 puntos en cada una de las 14 parcelas, sumando un total de 280 puntos por tratamiento (RA y RB).

En los tratamientos de CC, se clasificó por zona cada una de las transectas fijas utilizadas para las mediciones, mediante determinación a campo.

En los tratamientos de CR, se clasificó por zona cada una de las parcelas, asociando cada una de las mismas a la zona predominante en el área.

#### 5.2.1.2 Materia seca disponible

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 período experimental, en zonas representativas de comunidades del tapiz vegetal asociadas a tipo de suelo. De esta manera, se calcularon las tasas de crecimiento, así como también la disponibilidad de forraje.

El forraje cortado con remanente de 1 cm desde el suelo, se asociaba a medidas de altura registradas en una muestra de forma circular de 38,5 cm de diámetro.

Luego, las muestras de los cortes eran llevadas a laboratorio donde eran pesados en fresco 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.

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.

Con la información relevada se construyó una matriz donde se subdividían los tratamientos tanto de pastoreo continuo como rotativo en los tres períodos de medición. A su vez, dentro de cada período, 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, que fueron pastoreadas durante cada uno de esos períodos de medición. De esta manera, fue posible analizar las producciones de forraje por estación y por zona.

#### 5.2.1.3 Determinación de composición botánica

La composición botánica se determinó aplicando el método BOTANAL (Tothill et al., 1992) que permite la estimación la contribución relativa del aporte de las especies y/o grupos funcionales al forraje disponible. 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 sobre las transectas fijadas en cada tratamiento. Para la evaluación, se establecieron 24 grupos los cuales se detallan en el ANEXO A, pero debido a que ciertas especies o su proporción era muy baja, se reagruparon y se obtuvo 18 grupos que se detallan en el ANEXO B. La composición del tapiz se describió mediante estimación visual, donde se detallaba cuáles eran los grupos predefinidos presentes dentro del aro para luego determinar el aporte en porcentaje de cada uno de ellas. Estos grupos fueron caracterizados en base al

tipo productivo, ciclo de producción y hábito de vida. Además, se estimó el porcentaje de suelo desnudo en cada muestra.

### 5.3 MODELO ESTADÍSTICO

#### 5.3.1 Variables de la pastura

Debido a la falta de datos para las zonas Bajo y Medio en el tratamiento RB, durante el período de primavera, se decide utilizar modelos diferentes para cada estación.

Para el análisis de invierno la zona - Bajo, Medio y Litosol - se consideran como bloque y se analizan los factores método de pastoreo, OF y su interacción.

En el análisis de primavera se considera el efecto zona sobre la composición de la pastura, y el efecto de tres tratamientos definidos por la combinación de la OF y método de pastoreo.

Por lo tanto, en el invierno el modelo estadístico para el análisis asociado a la pastura, correspondiente a un diseño experimental de bloques completos al azar, es:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + M_j + O_k + (MO)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ : Variable aleatoria dependiente

$\mu$ : Efecto de la media general

$B_i$ : Efecto del i-ésimo bloque zona

$M_j$ : Efecto del j-ésimo nivel de método de pastoreo

$O_k$ : Efecto del k-ésimo nivel de oferta de forraje

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

$\varepsilon_{ijk}$ : Error experimental entre ij

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

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + T_j + (ZT)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ : Variable aleatoria dependiente

$\mu$ : Efecto de la media general

$Z_i$ : Efecto del i-ésimo de la zona

$T_j$ : Efecto del j-ésimo del tratamiento

$(ZT)_{ij}$ : Efecto de la interacción entre el i-ésimo efecto zona y el j-ésimo efecto tratamiento

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental entre ij

Para el caso del análisis del efecto tratamiento se considera: Tratamiento 1 de OF alta y CC, Tratamiento 2 de OF alta y CR y Tratamiento 3 de OF baja y CC.

## 5.4 HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS

### 5.4.1 Modelo estadístico asociado a la pastura

#### **Invierno:**

Las hipótesis estadísticas correspondientes son:

Hipótesis referidas al efecto principal método de pastoreo:

$H_0$ : MC = MR

$H_a$ : MC  $\neq$  MR

Hipótesis referidas al efecto principal nivel de oferta de forraje:

$H_0$ : OA = OB

$H_a$ : OA  $\neq$  OB

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

$$H_0: (MO)_{ij} = 0$$

$$H_a: (MO)_{ij} \neq 0$$

### **Primavera:**

Hipótesis referidas al efecto principal de la zona:

$$H_0: ZL = ZM = ZB$$

$H_a$ : existe al menos una media diferente

Hipótesis referidas al efecto principal del tratamiento:

$$H_0: T1 = T2 = T3$$

$H_a$ : existe al menos una media diferente

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y contrastes de medias según el test de Tukey (Anexo C y D), para la altura, disponibilidad de forraje y la composición botánica. Las variables se analizaron por separado para los períodos de invierno y primavera. 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 independiente.

Con respecto a la composición botánica, se realizó un análisis de conglomerados jerárquico aglomerativo mediante el método de agrupamiento Ward y medida de distancia euclídea, y de componentes principales (*bi – plot*) lo cual permitió una visión cualitativa de la asociación de los tratamientos en el tapiz vegetal, lo cual permitió explorar los patrones de variación de la composición botánica en relación a los tratamientos. Este análisis considera los kg de materia seca y contribución (%) de cada grupo botanal, siendo los factores evaluados el método de pastoreo, oferta de forraje y zona.

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

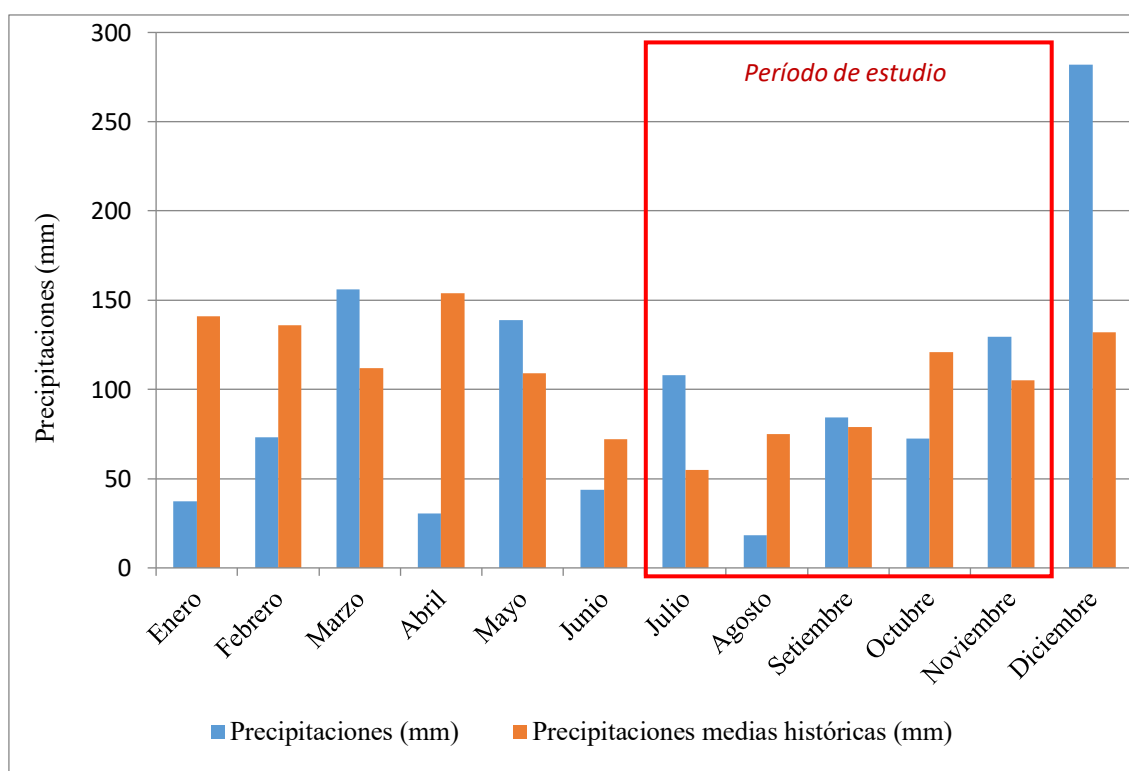
### 6.1 Caracterización climática

#### 6.1.1 Temperatura y Precipitaciones

En la figura 6 se presenta la evolución de las precipitaciones acumuladas para el período de estudio (2023) y las precipitaciones acumuladas promedio para una serie histórica (1991-2020), obtenidas del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, s.f.) para el departamento de Paysandú.

**Figura 6**

*Precipitaciones mensuales en el año 2023 y serie histórica (1991 - 2020) para Paysandú*



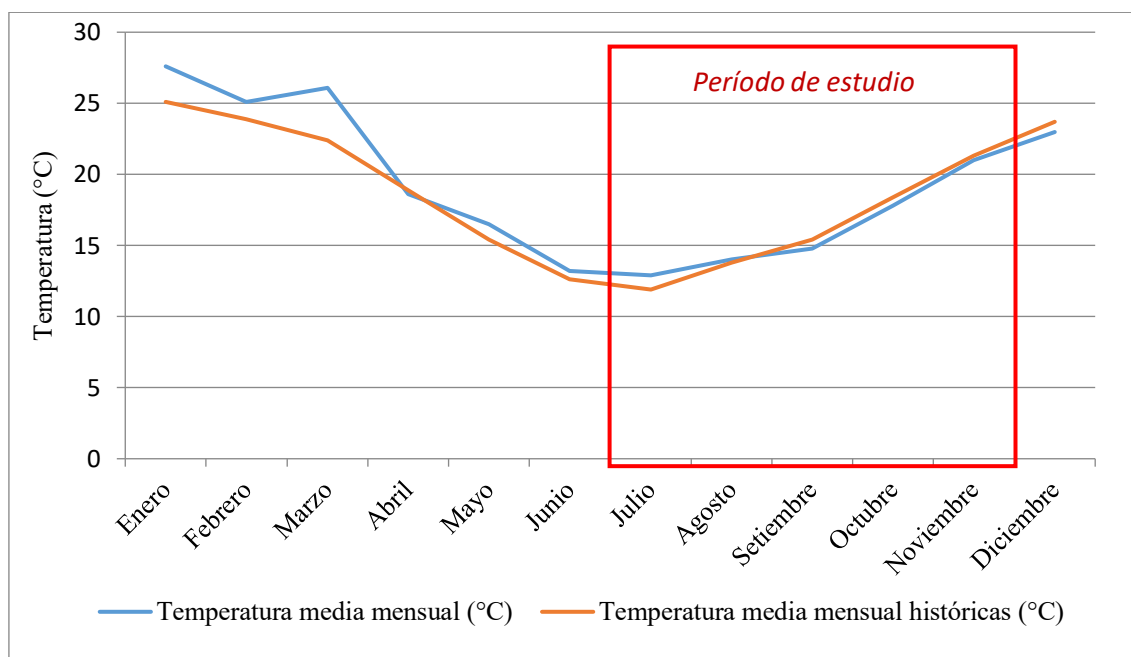
Las precipitaciones fueron inferiores a la media histórica en la gran mayoría de los meses del período, exceptuando los meses de marzo, mayo, julio y noviembre del año.

Por otra parte, en la figura 7, se presenta la evolución de las temperaturas medias mensuales para el periodo de estudio (2023) y las precipitaciones acumuladas promedio

para una serie histórica (1991-2020), también obtenidas de INUMET para el departamento de Paysandú.

### Figura 7

*Evolución de temperaturas mensuales en el año 2023 y serie histórica (1991 – 2020) para Paysandú*



En cuanto a las temperaturas, estas no presentaron gran diferencia con respecto a las temperaturas históricas, a excepción de los meses de otoño donde fueron superiores a la media histórica y temperaturas por debajo de la media en los meses de primavera.

## 6.2 Análisis estadístico del experimento

### 6.2.1 INVIERNO

#### 6.2.1.1 Disponibilidad de forraje

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico para la disponibilidad de forraje (kg MS/ha) para la estación de invierno (Tabla 1).

**Tabla 1***Materia seca disponible por tratamiento en kg/ha*

| Tratamiento     | Total kg MS/ha |
|-----------------|----------------|
| Alta – Rotativo | 981 a          |
| Baja – Rotativo | 965 a          |
| Alta – Continuo | 951 a          |
| Baja – Continuo | 786 a          |

El análisis estadístico indica que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos durante el invierno, sin presentar diferencias en la prueba de comparación de medias. Esto sugiere que, bajo las condiciones de la estación invernal, caracterizada por temperaturas más bajas y menor crecimiento vegetal, ni la oferta de forraje ni el tipo de pastoreo determinaron diferencias estadísticamente detectables en la disponibilidad de forraje

#### 6.2.1.2 Altura y suelo desnudo

Se presentan los resultados de la altura y suelo desnudo para invierno (Tabla 2).

**Tabla 2***Efecto de los tratamientos sobre la altura (cm) y suelo desnudo (%)*

| Tratamiento     | Altura (cm) | Suelo desnudo (%) |
|-----------------|-------------|-------------------|
| Alta – Rotativo | 7,3 a       | 7,4               |
| Baja – Rotativo | 5,8 a       | 10,7              |
| Alta – Continuo | 5,0 a       | s/d               |
| Baja – Continuo | 4,4 a       | 7,2               |

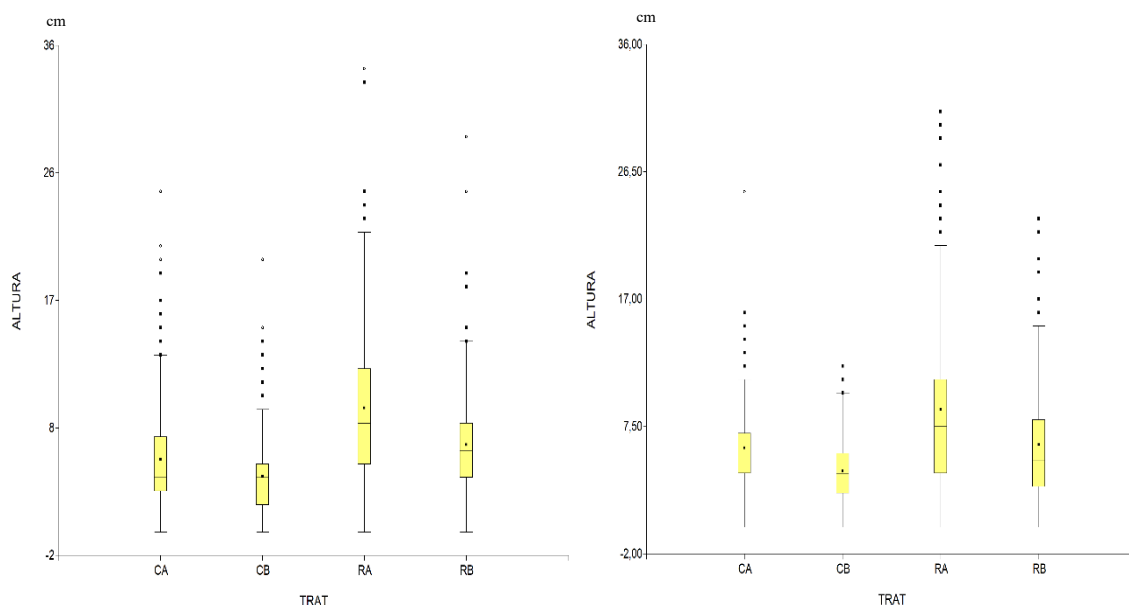
Al igual que la materia seca disponible, las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significación estadística para la variable altura. Para el caso de suelo desnudo (%), se perdieron los datos para uno de los tratamientos (Alta-Continuo).

#### 6.2.1.3 Distribución de la altura

A continuación, se presentan los diagramas de caja (boxplots) para las alturas (cm) mostrando la media, la mediana por tratamiento CA, CB, RA y RB correspondientes a los meses de julio y agosto.

**Figura 8**

*Gráficos de cajas (box – plot) para las alturas (cm) para julio y agosto respectivamente*



En julio, todos los tratamientos presentaron medianas relativamente bajas y cajas compactas, lo que indica poca variación en la altura del tapiz dentro de cada grupo. Se observa que los tratamientos rotativos (RA y RB) tendieron a mostrar medianas ligeramente superiores (8-6 cm) y una mayor dispersión, con valores atípicos que alcanzan hasta los 35 cm. Los tratamientos continuos (CA y CB) exhibieron distribuciones más homogéneas y concentradas en valores bajos (4 cm).

En agosto, se mantiene la tendencia observada en julio, aunque con un incremento general en la dispersión de los datos. Los tratamientos rotativos (RA y RB) continuaron presentando valores máximos más elevados y mayor variabilidad que los continuos, con puntos atípicos que superan los 25 cm. Esto puede interpretarse como el efecto acumulado del descanso entre pastoreos, que permite el rebrote del tapiz en ciertos sectores. En conjunto, los gráficos revelan que el tipo de pastoreo influye más en la variabilidad de la altura que en su valor medio, siendo el sistema rotativo el que genera mayor heterogeneidad estructural del tapiz durante el invierno.

En conjunto, los gráficos revelan que el método de pastoreo influye más en la variabilidad de la altura, siendo el sistema rotativo el que muestra mayor heterogeneidad estructural del tapiz durante el invierno.

#### 6.2.1.4 Composición botánica

Se presenta el análisis del ANAVA para la estación de invierno, mostrando la significancia de cada grupo para los factores individuales y la interacción nivel de oferta – método de pastoreo, en el aporte de MS en contribución (%) (Tabla 3) y masa de forraje (kg MS/ha) (Tabla 4) en la MS disponible.

**Tabla 3**

*Resumen de significancia para la contribución porcentual (%) de cada grupo botanal*

| <b>Variables</b> | <b>OF</b> | <b>Método</b> | <b>OF x Método</b> |
|------------------|-----------|---------------|--------------------|
| Pn+Ax            | ns        | ns            | ns                 |
| Cd+Bm            | *         | ns            | ns                 |
| PEF              | *         | ns            | *                  |
| PET+TO           | *         | ns            | ns                 |
| PEOD             | ns        | ns            | ns                 |
| Festuca          | ns        | ns            | ns                 |
| S. Setigera      | ns        | ns            | ns                 |
| PIFT             | ns        | ns            | *                  |
| PIOD             | ns        | ns            | *                  |
| S. charruana     | ns        | ns            | ns                 |
| AI               | ns        | *             | *                  |
| Leg              | ns        | ns            | ns                 |
| Cyp+Jun          | ns        | ns            | ns                 |
| HE               | ns        | ns            | ns                 |
| HM               | *         | ns            | *                  |
| EhCar            | ns        | ns            | ns                 |
| Restos secos     | ns        | ns            | *                  |

*Nota.* El nivel de significancia estadística de la prueba (p-valor) se presenta con los asteriscos (ns: no significativo; p - valor  $\leq$  0,10).

**Tabla 4**

*Resumen de significancia para la contribución en masa de forraje (kg MS/ha)*

| <b>Variables</b> | <b>OF</b> | <b>Método</b> | <b>OF x Método</b> |
|------------------|-----------|---------------|--------------------|
| Pn+Ax            | ns        | ns            | ns                 |
| Cd+Bm            | *         | *             | ns                 |
| PEF              | *         | ns            | *                  |
| PEOD             | ns        | ns            | ns                 |
| Festuca          | ns        | ns            | ns                 |
| S. Setigera      | ns        | *             | ns                 |
| PIFT             | ns        | ns            | *                  |
| PIOD             | ns        | ns            | *                  |
| AI               | *         | *             | *                  |
| Leg              | ns        | ns            | ns                 |
| Cyp+Jun          | ns        | ns            | ns                 |
| HE               | ns        | ns            | ns                 |
| HM               | ns        | ns            | *                  |
| EhCar            | ns        | ns            | ns                 |
| Restos secos     | ns        | ns            | ns                 |

*Nota.* El nivel de significancia estadística de la prueba (p-valor) se presenta con los asteriscos (ns: no significativo; p-valor  $\leq 0,10$ ).

Para el caso de los grupos perennes invernales finas – tiernas y perennes invernales ordinarias – duras, si bien resultaron significativos para contribución (%) y en aporte de masa de forraje (kg MS/ha), la comparación de medias a través de Tukey con nivel de significancia al 10% no mostró diferencias.

A nivel de contribución en porcentaje en la MS, se detectó significancia para pocos grupos botanales, tanto para los factores individuales como para la interacción OFxM.

En términos de aporte en masa de forraje (kg MS/ha), se repite un cierto patrón al igual que con la contribución (%).

Dadas las diferencias detectadas, se analiza la comparación de medias correspondientes según Tukey con nivel de significancia 10%, partiendo las comparaciones desde el aporte en masa de forraje (kg MS/ha).

**Tabla 5**

*Análisis estadístico de la OFxMP en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha)*

| Grupo        | Alta - Rotativo |          | Baja - Rotativo |          | Alta - Continuo |          | Baja - Continuo |          |
|--------------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
|              | %               | Kg MS/ha | %               | Kg MS/ha | %               | Kg MS/ha | %               | Kg MS/ha |
| PEF          | 2,2 ab          | 32 ab    | 3,0 ab          | 30 ab    | 0,1 b           | 2 b      | 5,9 a           | 50 a     |
| AI           | 25,7 a          | 359 a    | 11,4 b          | 114 b    | 0,9 c           | 16 b     | 9,7 b           | 74 b     |
| HM           | 3,4 ab          | 46 a     | 1,0 b           | 9,67 b   | 0 b             | 0 b      | 6,2 a           | 49 a     |
| Restos secos | 2,4 b           | 32 ab    | 5,0 ab          | 59 ab    | 15,2 a          | 140 a    | 1,7 b           | 23 b     |

En la interacción OFxMP (Tabla 5), los grupos presentaron significancia tanto en contribución (%) como en el aporte de masa de forraje (kg MS/ha) en la MS disponible.

Los grupos de perennes estivales finas y hierbas menores, registraron la mayor media para los tratamientos de oferta baja en pastoreos continuos. Ayala y Bermúdez (2005) indican que el pastoreo frecuente e intenso sobre las pasturas, generan espacios de suelo descubierto, espacios libres, y por lo tanto, aumentos en la proporción de hierbas de menor porte.

El grupo de anuales invernales presentó una mayor media con ofertas altas en pastoreos rotativos. Este grupo está representado principalmente por *Lolium multiflorum*. Ferreira Cardozo (1999) y Royo Pallarés et al. (2005) destacan que con pastoreos de baja frecuencia o aliviados incrementan las invernales, particularmente las gramíneas. Rodríguez et al. (2003) afirman que pueden ocurrir aumentos significativos de especies exóticas anuales que compiten fuertemente por luz, como *Lolium multiflorum*.

Por último, los restos secos, presentaron una media mayor bajo alta oferta de forraje y pastoreo continuo. Cuando se maneja a la pastura a baja presión de pastoreo, ese posible incremento de acumulo de restos secos puede variar en relación con las fuertes variaciones estacionales de los períodos de crecimiento de la pastura (Olmos, 1992).

**Tabla 6**

*Análisis estadístico para la OF en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha)*

| <b>Oferta</b> |             |          |             |          |
|---------------|-------------|----------|-------------|----------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Baja</b> |          | <b>Alta</b> |          |
|               | %           | kg MS/ha | %           | kg MS/ha |
| CdBm          | 8,5 a       | 72 a     | 2,7 b       | 34 b     |

A nivel del factor oferta de forraje (Tabla 6), la respuesta significativa se da para el grupo de *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica*, mostrando medias mayores para el nivel de oferta baja, tanto en contribución (%) como en el aporte de masa de forraje (kg MS/ha). Este resultado podría estar asociado al hábito de crecimiento estolonífero y porte postrado de estas especies, características que constituyen mecanismos de escape al pastoreo (Milot et al., 1987).

**Tabla 7**

*Análisis estadístico para el MP en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha)*

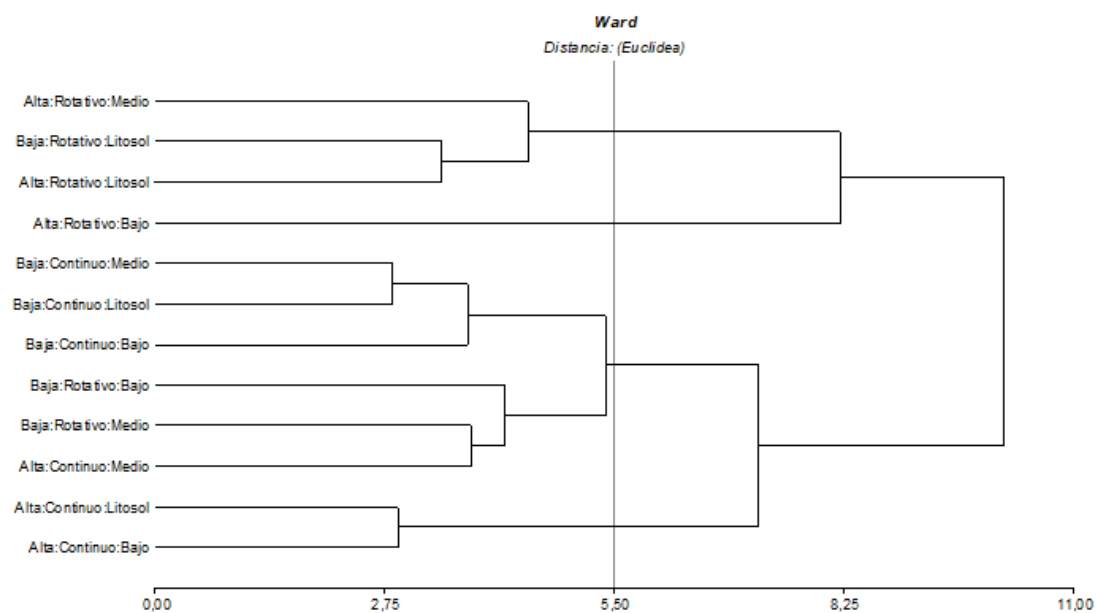
| <b>Método</b>         |                 |          |                 |          |
|-----------------------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| <b>Grupo</b>          | <b>Rotativo</b> |          | <b>Continuo</b> |          |
|                       | %               | kg MS/ha | %               | kg MS/ha |
| <i>Stipa setigera</i> | 12,1 a          | 152 a    | 8,3 a           | 70 b     |

A nivel del factor individual método de pastoreo (Tabla 7), se detectaron diferencias significativas para *Stipa setigera*; dichas diferencias solo se reflejan a nivel de aporte de masa de forraje (kg MS/ha), no para contribución (%). Esta especie se ve beneficiada por pastoreos rotativos, los largos períodos entre pastoreos favorecen el crecimiento en altura de gramíneas cespitosas, dada la mejor competencia por luz de estas especies deseables, bien establecidas, frente a las especies indeseables (Smetham, 1990).

A continuación, se presenta el análisis de conglomerados incorporando el factor zona en la composición botánica para la contribución en porcentaje (%) y el aporte de masa de forraje (kg MS/ha) en la masa de forraje disponible en la estación de invierno.

**Figura 9**

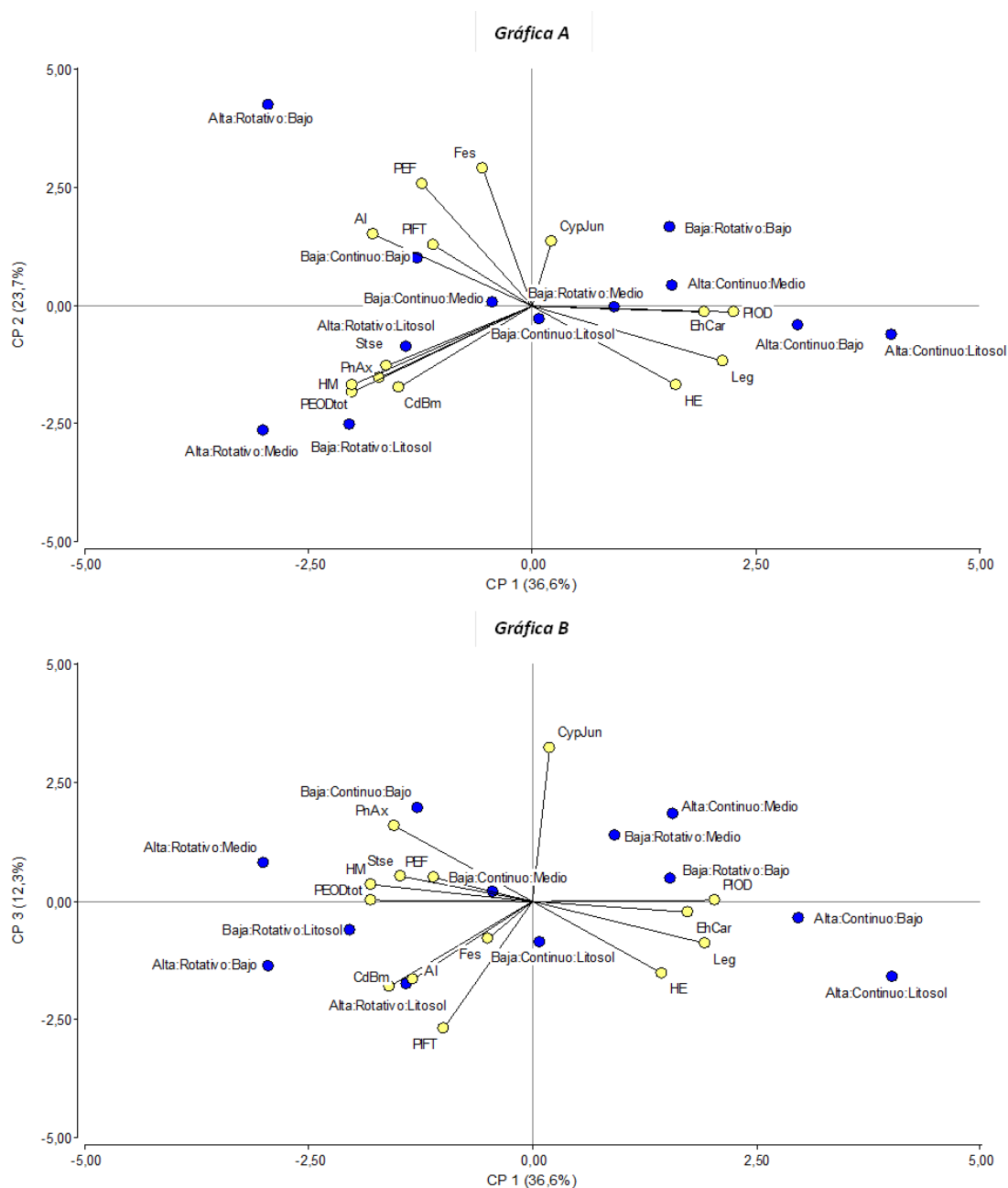
*Análisis de conglomerados para los grupos botanales considerando OF, MP y zona*



Se exploran los patrones de similitud en la composición botánica considerando los tres factores (Figura 9), tomando una distancia media para observar independencia entre los grupos. A una distancia de 5,5, se conforman cuatro grupos diferenciados.

**Figura 10**

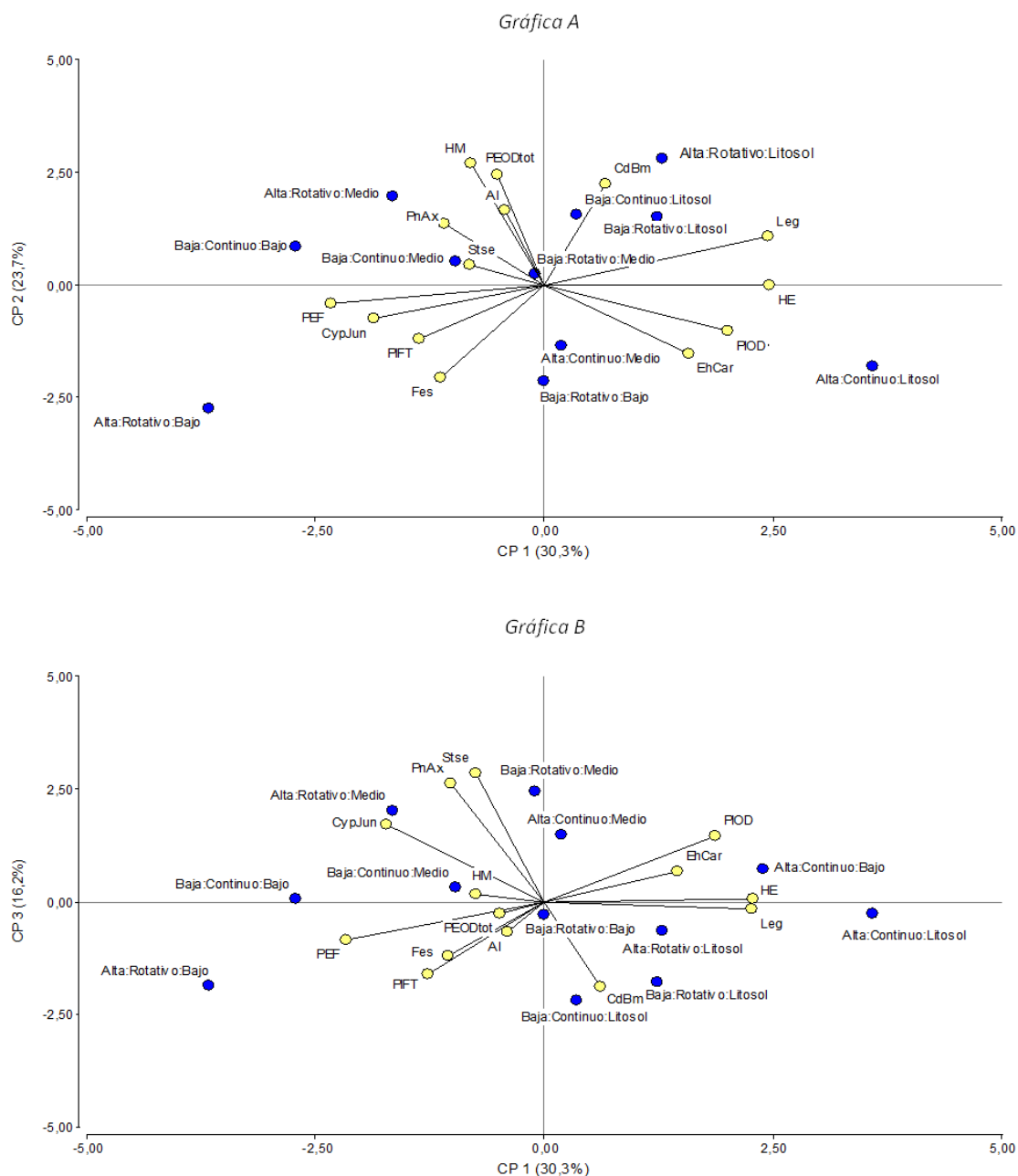
*Componentes principales por aporte en contribución porcentual a la MS disponible (%)*



El análisis de componentes principales (Figura 10) explicó el 73% de la variabilidad (Anexo E).

**Figura 11**

Componentes principales por aporte en masa de forraje (kg MS/ha)



En el caso de la Figura 11, el análisis de componentes principales explicó el 70% de la variabilidad (Anexo F).

El grupo de *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* se asoció a la zona de Litosol. *Cynodon dactylon* se caracteriza por su gran adaptabilidad y sobrevivencia a condiciones ambientales adversas (Ríos, 2001), dominando sobre suelos donde no prosperan especies mejores (Rosengurtt, 1946). Por su parte, *Bouteloua megapotamica* es una de las últimas especies que desaparecen en suelos empobrecidos por la erosión

(Rosengurtt, 1946). Ambas especies pertenecen a la tribu de las Chlorideas (Rosengurtt et al., 1970) que Millot et al. (1987) las catalogan como un grupo resistentes al estrés hídrico.

En el Litosol se destaca la asociación del grupo de leguminosas, principalmente explicado por *Medicago lupulina*. Dicha especie, frecuente en suelos calcáreos, de hábito postrado y baja productividad (Rosengurtt, 1979), prospera en ambientes donde otras especies no generan competencia. Para el caso de hierbas enanas y menores, estos suelos presentan las mayores limitantes para el crecimiento vegetal limitando el desarrollo de especies de mayor porte, dejando espacios abiertos lo cual permiten el desarrollo de estas especies (Cejas Pena, 2016).

*Eryngium horridum* presenta se asoció a los Litosoles, asociándose también a los demás suelos. Esta especie presenta una adaptación a los distintos ambientes, pero su expresión puede estar determinada por la relación entre las propiedades que caracterizan a los suelos y la competencia entre las especies presentes en el tapiz (Cristiano Rejal & Pitta Gatto, 2025).

*Festuca arundinaceae* se asoció a la zona de Bajo, lo cual se explica debido a su mejor adaptabilidad a suelos medios a pesados, con alta humedad que garantizan su sobrevivencia estival (Carámbula, 2008).

El grupo de perennes estivales finas se asoció a la zona de Bajo, donde la principal especie que domina es el *Paspalum dilatatum*, especie adaptada a suelos muy fértiles (Rosengurtt, 1946), característicos de esta zona.

El grupo *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* se asoció a las zonas de Bajo y Media. *Paspalum notatum* se encuentra en todos los suelos, cuando el recurso luminosidad no es limitante (Bemhaja, 2005). De acuerdo con Cejas Pena (2016), tapices más ralos generan menor competencia por el recurso luz, lo que le da ventaja competitiva, explicando su mayor cobertura.

Dentro del grupo de las perennes estivales ordinarias – duras, hay mayor participación de *Paspalum quadrifarium*, que se asoció más a la zona Baja. 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.

El grupo de *Ciperáceas* y *Juncáceas* asociado a la zona de Bajo, son especies que se asocian a áreas con malos drenajes y acumulación de agua (Milot et al., 1987).

## 6.2.2 PRIMAVERA

### 6.2.2.1 Disponibilidad de forraje

**Tabla 8**

*Materia seca disponible por tratamiento en kg/ha*

| Tratamiento     | MS Total kg /ha |
|-----------------|-----------------|
| Alta – Rotativo | 2119 a          |
| Alta – Continuo | 1807 a          |
| Baja – Continuo | 1800 a          |

Durante la primavera se registraron valores de materia seca disponible superiores a los observados durante el invierno. En términos estadísticos, entre los tratamientos no existieron diferencias significativas entre ellos.

### 6.2.2.2 Altura y suelo desnudo

Se presentan los resultados de la variable altura y suelo desnudo para primavera (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Efecto de los tratamientos sobre la altura de la pastura (cm) y suelo desnudo (%)*

| Tratamiento     | Altura (cm) | Suelo desnudo (%) |
|-----------------|-------------|-------------------|
| Alta – Rotativo | 10,7 a      | 6,3 a             |
| Alta – Continuo | 6,3 b       | 9,1 a             |
| Baja – Continuo | 6,3 b       | 5,2 a             |

En la primavera se registraron diferencias significativas en la altura del tapiz entre tratamientos, presentando la mayor altura media en el tratamiento Alta - Rotativo.

Esta diferencia entre pastoreos rotativos de alta oferta y los pastoreos continuos, puede atribuirse al período de descanso y una menor intensidad de defoliación que caracteriza al pastoreo rotativo con estas ofertas, lo cual permite un mayor rebrote y acumulación de biomasa entre cada pastoreo.

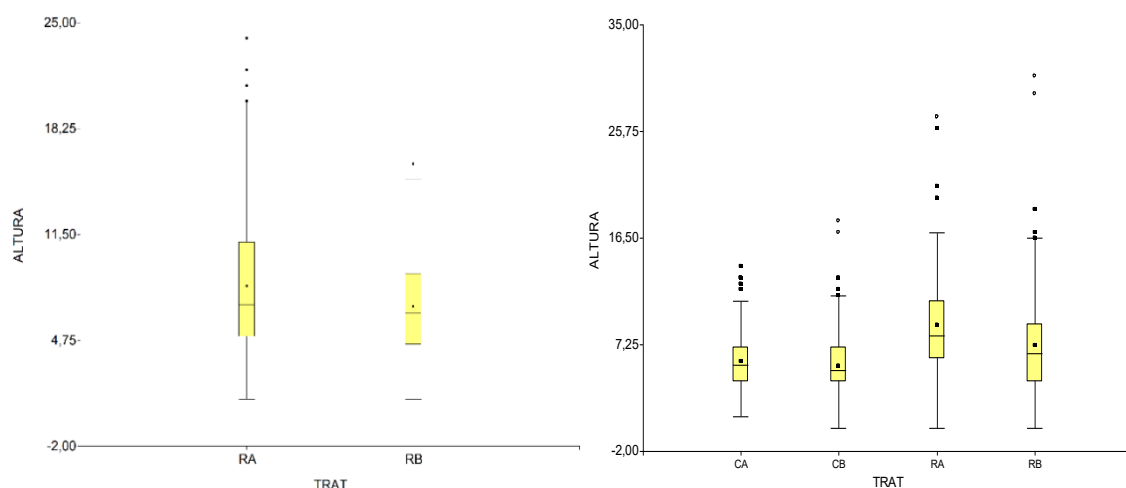
En cuanto al porcentaje de suelo desnudo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

### 6.2.2.3 Distribución de la altura

Se presentan los diagramas de caja para las alturas (cm) correspondientes a los meses de setiembre y octubre (Figura 12).

**Figura 12**

*Gráficos de cajas para las alturas (cm) para setiembre y octubre respectivamente*



En setiembre, solo se dispone de datos para los tratamientos rotativos. Ambos presentaron distribuciones con medianas en torno a los 7–8 cm y una moderada dispersión. Se observaron valores atípicos superiores en RA, llegando a superar los 20 cm, lo que refleja la heterogeneidad espacial del pastoreo rotativo durante el inicio de la primavera. La mayor media de RA respecto a RB es consistente con el efecto de la oferta de forraje sobre la altura del tapiz, con también mayor dispersión de las alturas.

En octubre, el gráfico incluye los cuatro tratamientos. Se observa un incremento general en la altura del tapiz respecto a setiembre (7,6 cm), lo que refleja el avance de la estación y el mayor crecimiento primaveral. Los tratamientos rotativos (RA y RB) mostraron una mayor variabilidad y valores máximos más elevados, con puntos atípicos que superan los 30 cm, en comparación con los tratamientos continuos, cuyas distribuciones resultaron más compactas y concentradas en valores inferiores. Con

zonas de mayor altura asociadas a los períodos de descanso, mientras que el pastoreo continuo tiende a uniformizar la altura a niveles más bajos como consecuencia de la presión de pastoreo permanente.

Los resultados de primavera ponen de manifiesto que el sistema rotativo con alta oferta de forraje (Rotativo–Alta) es el tratamiento que genera las condiciones estructurales del tapiz más favorables, con mayor altura media.

#### 6.2.2.4 Composición botánica

Se presenta el análisis del ANAVA para la estación de primavera, mostrando la significancia de los tratamientos y de la zona, en el aporte de MS en contribución (%) (Tabla 10) y masa de forraje (kg MS/ha) (Tabla 11).

**Tabla 10**

*Resumen estadístico de significancia para cada grupo en contribución porcentual (%) a la MS disponible*

| Variables    | Tratamiento | Zona | Tratamiento x Zona |
|--------------|-------------|------|--------------------|
| Pn+Ax        | *           | ns   | ns                 |
| Cd+Bm        | ns          | *    | ns                 |
| PEF          | ns          | ns   | ns                 |
| PET+TO       | *           | ns   | ns                 |
| PEOD         | *           | *    | ns                 |
| Festuca      | ns          | *    | ns                 |
| S. setigera  | *           | *    | ns                 |
| PIFT         | ns          | ns   | *                  |
| PIOD         | ns          | ns   | ns                 |
| S. charruana | ns          | ns   | ns                 |
| AI           | *           | *    | ns                 |
| Leg          | ns          | ns   | ns                 |
| Cyp+Jun      | ns          | ns   | ns                 |
| HE           | ns          | ns   | ns                 |
| HM           | ns          | ns   | *                  |
| EhCar        | *           | *    | *                  |
| Restos secos | ns          | ns   | ns                 |

**Tabla 11***Resumen estadístico de significancia para cada grupo en masa de forraje (kg MS/ha)*

| Variables    | Tratamiento | Zona | Tratamiento x Zona |
|--------------|-------------|------|--------------------|
| Pn+Ax        | ns          | ns   | ns                 |
| Cd+Bm        | ns          | ns   | ns                 |
| PEF          | ns          | ns   | ns                 |
| PET+TO       | ns          | ns   | ns                 |
| PEOD         | *           | *    | *                  |
| Festuca      | ns          | *    | ns                 |
| S. Setigera  | *           | *    | ns                 |
| PIFT         | ns          | ns   | ns                 |
| PIOD         | ns          | ns   | ns                 |
| S. charruana | ns          | ns   | ns                 |
| AI           | *           | *    | *                  |
| Leg          | *           | ns   | ns                 |
| Cyp+Jun      | ns          | *    | ns                 |
| HE           | ns          | ns   | ns                 |
| HM           | ns          | ns   | ns                 |
| EhCar        | ns          | ns   | ns                 |
| Restos secos | *           | *    | *                  |

**Tabla 12**

*Análisis estadístico para los tratamientos en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha)*

| Grupo                 | Alta - Rotativo |          | Alta - Continuo |          | Baja - Continuo |          |
|-----------------------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
|                       | %               | Kg MS/ha | %               | Kg MS/ha | %               | Kg MS/ha |
| PnAx                  | 8,7 b           | 220 a    | 27,4 a          | 513 a    | 23,2 ab         | 401 a    |
| PET+TO                | 1,4 b           | 40 a     | 8,7 a           | 156 a    | 3,0 ab          | 54 a     |
| PEOD                  | 15,4 a          | 337 a    | 3,4 b           | 64 b     | 2,2 b           | 40 b     |
| <i>Stipa setigera</i> | 22,8 a          | 530 a    | 9,4 b           | 173 b    | 12,1 b          | 208 b    |

Se presentan los grupos que mostraron diferencias significativas, tanto en contribución (%) como en masa de forraje (kg MS/ha) para el efecto tratamiento (Tabla 12).

El grupo de *Paspalum notatum* con *Axonopus affinis* y las perennes estivales tiernas y tiernas – ordinarias, únicamente mostraron diferencias significativas en la contribución (%), donde con ofertas altas y en pastoreos continuos se obtuvieron mayores medias. Las plantas rizomatosas y estoloníferas por su hábito de crecimiento rastrero escapan al diente del animal, colonizando o aumentando el área que ocupan (Milot et al., 1987).

Por otro lado, el grupo de perennes estivales ordinarias – duras, *Stipa setigera* y anuales invernales, presentaron diferencias significativas tanto para la contribución (%) como en el aporte de masa de forraje (kg MS/ha).

El caso de las perennes estivales ordinarias – duras, donde predomina *Paspalum quadrifarium*, el método rotativo dado los períodos de descanso en ausencia de pastoreo, determina mejores condiciones para el crecimiento y acumulación de forraje para esta especie (Boggiano et al., 2005).

El grupo de anuales invernales, principalmente *Lolium multiflorum*, se obtienen los similares resultados en cuanto a la oferta alta y pastoreos rotativos, incrementando su contribución (%) y aporte en la masa de forraje (kg MS/ha).

*Stipa setigera* se ve beneficiada por pastoreos rotativos, los largos períodos entre pastoreos favorecen el crecimiento en altura de gramíneas cespitosas, dada la mejor competencia por luz de estas especies deseables, bien establecidas, frente a las especies indeseables (Smetham, 1990).

Análisis incorporando el factor zona en la composición botánica para la contribución porcentual (%) y el aporte de masa de forraje (MS kg /ha), para la estación de primavera por análisis de conglomerados.

Por otro lado, al analizar la interacción entre los tratamientos y la zona, los grupos que mostraron diferencias significativas en contribución a la masa de forraje (%) fueron: las PIFT mostraron una mayor media en contribución a la masa de forraje (%) en alta-rotativo en la zona de Litosol, las HM en alta-rotativo y la zona de tipo de suelo Medio y EhCar en alta-rotativo en la zona de Bajo.

Para el caso del grupo de las PEOD, AI y restos secos, mostraron significancias en el aporte de masa de forraje (kg MS/ha). Las PEOD con mayor media en alta-rotativo y la zona de tipo de suelo Medio. Mientras que las AI, en alta-rotativo en la zona de Bajo.

A continuación, se presentan los grupos de especies que mostraron diferencias significativas para el efecto zona, en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha) (Tabla 13).

**Tabla 13**

*Análisis estadístico para las zonas en contribución (%) y masa de forraje (kg MS/ha)*

| Grupo       | Bajo   |          | Medio   |          | Litosol |          |
|-------------|--------|----------|---------|----------|---------|----------|
|             | %      | Kg MS/ha | %       | Kg MS/ha | %       | Kg MS/ha |
| CdBm        | 10,7 b | 265 a    | 10,2 b  | 194 a    | 25,9 a  | 400 a    |
| PEOD        | 2,9 b  | 88 b     | 11,5 a  | 281 a    | 6,6 b   | 73 b     |
| Festuca     | 24,7 a | 774 a    | 1,4 b   | 24 b     | 0 b     | 0 b      |
| S. setigera | 9,1 b  | 228 b    | 20,7 a  | 477 a    | 14,5 ab | 205 b    |
| AI          | 37,5 a | 388 a    | 26,4 ab | 99 b     | 22,7 b  | 39 b     |
| CypJun      | 4,4 a  | 92 a     | 3,0 a   | 17 b     | 5,7 a   | 28 ab    |
| EhCar       | 0,1 a  | sd       | 0 b     | sd       | 0 b     | sd       |

Para primavera se observa que el grupo de *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* presentaron mayor media en el Litosol en contribución (%).

Dentro del grupo de las perennes estivales ordinarias – duras, hay mayor participación de *Paspalum quadrifarium*, y *Stipa setigera* presentaron mayores medias en las zonas de Medio, tanto en contribución (%) como en masa de forraje (kg MS/ha).

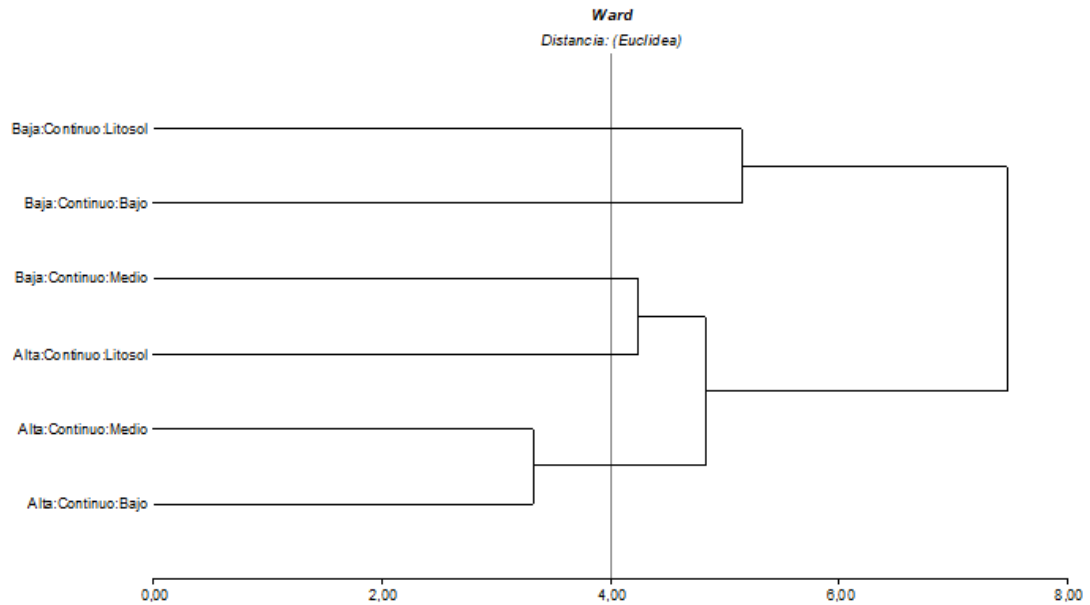
*Festuca arundinaceae* expresó una marcada mayor media en la zona de Bajo.

*Eryngium horridum* presenta se asoció a los Litosoles, asociándose también a los demás suelos. Esta especie presenta una adaptación a los distintos ambientes, pero su expresión puede estar determinada por la relación entre las propiedades que caracterizan a los suelos y la competencia entre las especies presentes en el tapiz (Cristiano Rejal & Pitta Gatto, 2025).

El grupo de *Ciperáceas* y *Juncáceas* presentaron mayor media en la zona de Bajo, al igual que *Eryngium horridum* y *Cardus*. Estos últimos únicamente en contribución (%).

**Figura 13**

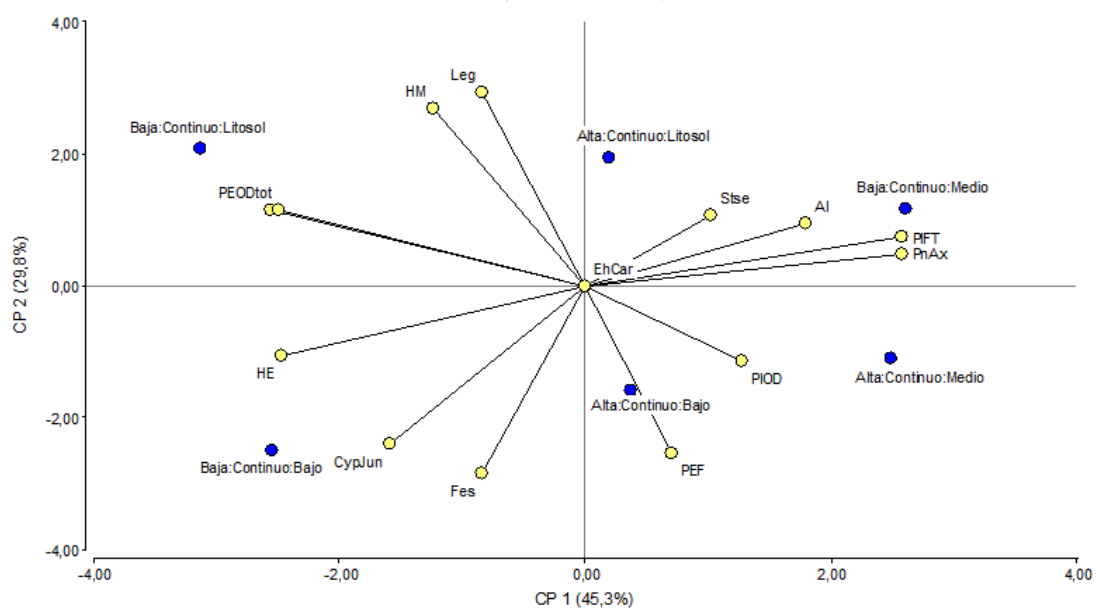
*Análisis de conglomerados para los grupos botanales considerando OF, MP y zonas*



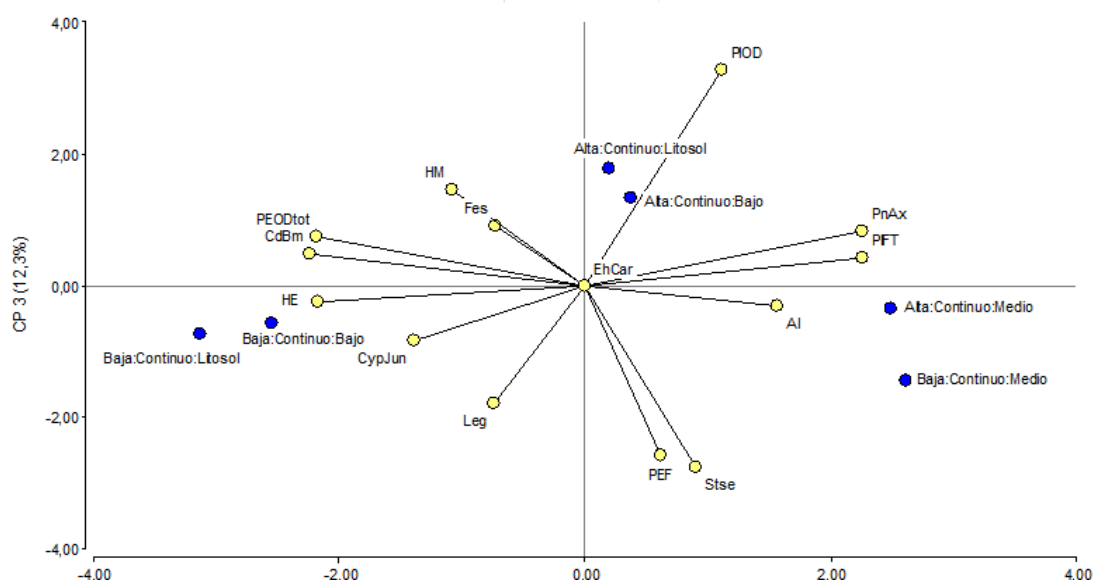
Se exploran patrones de similitud de la zona los factores (Figura 13), OF y MP tomando una distancia media para observar independencia entre los grupos. A una distancia de 4.

### Figura 14

*Componentes principales por contribución porcentual (%) a la materia seca disponible*



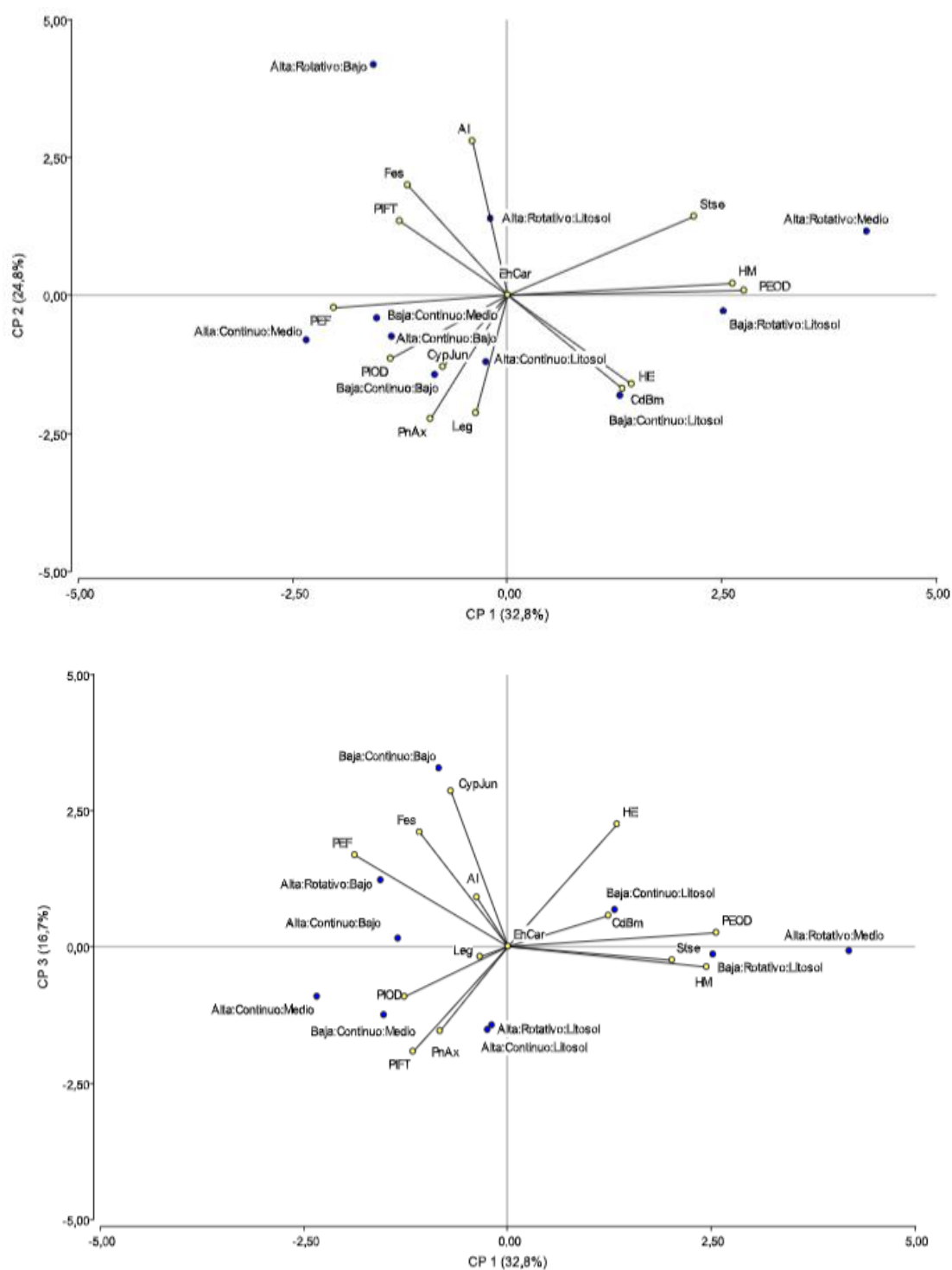
**Gráfica B**



Los componentes principales explicaron conjuntamente el 87 % de la variabilidad de los datos de composición botánica (Figura 14; Anexo G).

**Figura 15**

*Componentes principales por aporte en masa de forraje (kg MS/ha)*



Para este caso los componentes principales explicaron el 74% de la variabilidad de los datos de composición botánica.

En general el análisis para la estación de primavera, se puede inferir un cierto patrón de asociación con el invierno.

Para el caso de los grupos de *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica*, leguminosas como *Medicago lupulina*, se mantiene su presencia en zonas de Litosol.

Ciperáceas y Juncáceas se mantienen asociadas a la zona del Bajo, al igual que las perennes estivales finas y ordinarias – duras, donde predomina el *Paspalum quadrifarium*.

En la zona Media se asociaron los perennes invernales finas – tiernas, *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*, y anuales invernales. En menor medida, la *Festuca arundinacea* y *Stipa setigera*.

## 7 CONSIDERACIONES FINALES

Las disponibilidades de forraje promedio (kg MS/ha), particularmente en el invierno, se mantuvieron por debajo del óptimo de manejo para pasturas naturales (Da Trindade et al., 2016). Dentro de cada estación no se mostraron diferencias significativas.

Para la altura promedio de la pastura se encontraron diferencias significativas para el caso de la primavera. Los valores superiores se mantuvieron en los tratamientos Rotativos respecto a los Continuos, detectando la mayor variabilidad y presencia de valores extremos en el Rotativo de Alta OF y Continuo a Baja OF. La altura puede asociarse a la cantidad de forraje disponible para los animales en pastoreo; en este sentido, alturas mayores incrementan la profundidad del bocado, una de las principales variables determinantes del peso de bocado (Carvalho et al., 2001).

Los grupos de especies cespitosas de alto porte y alta respuesta productiva se asociaron al método Rotativo, mientras que los grupos de especies de menor porte (hierbas menores y enanas), estoloníferas – rizomatosas (*Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*) y leguminosas anuales (*Medicago lupulina*), se asociaron al pastoreo Continuo. Cabe señalar que hubo excepciones, atribuibles a una mayor proporción presente de la zona de Litosol en las parcelas, como es el caso de la asociación del grupo *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica* al método Rotativo en el invierno.

Los mejores tipos productivos (*Festuca arundinacea*, leguminosas naturalizadas, anuales invernales finas, perennes estivales finas – tiernas) se asociaron al nivel Alto de OF. Por su parte, los tipos productivos duros (*Paspalum quadrifarium*) mostraron fuerte asociación al nivel Bajo de OF.

La descripción a través de las zonas estudiadas permitió identificar diferentes comunidades vegetales para cada ambiente contrastante. En la zona de Litosol, fue dominante el grupo *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica*, caracterizado por la gran adaptabilidad de estas especies a condiciones edáficas adversas, junto a los grupos de leguminosas.

En la zona Media, el grupo dominante fue *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*, especies adaptadas al pastoreo y a tapices con menor competencia por el recurso luz, junto a *Stipa setigera* y otras perennes estivales tiernas – finas.

En la zona de Bajo, dominaron los grupos *Cynodon dactylon* y *Bouteloua megapotamica*, y *Festuca arundinaceae*, favorecidos por las condiciones edáficas de alta aptitud productiva de la zona.

Cuando los ambientes edáficos se vuelven más limitantes en relación al potencial, es más frecuente observar algunas especies anuales invernales como malezas de campo sucio, malezas enanas y malezas menores, que encuentran su nicho para prosperar en lugares donde se perdieron cobertura o presencia de especies estivales. A su vez, las perennes estivales ordinarias presentan también tolerancia y adaptación a estas condiciones, coincidiendo con lo indicado por Millot et al. (1987), donde estos grupos toman relevancia cuando se encuentran en estos suelos y en condiciones de estrés hídrico, ocupando los nichos dejados por especies menos adaptadas.

## 8 CONCLUSIONES

La estructura de la pastura como altura, presentó una respuesta condicionada por la estación del año.

La estructura de la pastura como altura, fue determinada por el método de pastoreo y las condiciones edáficas en primavera, y sin efecto del nivel de OF

En el invierno, la composición botánica fue afectada por el método de pastoreo y el nivel de OF.

En primavera, se encontró asociación entre la composición botánica y las condiciones edáficas.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Aguinaga, A. J. Q., Frizzo, 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. 313-315). Universidad de la República.
- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, 66(1), 2-28. <https://www.crops.org/files/membership/divisions/c06/international-grazing-terminology.pdf>
- Altamirano, A., Da Silva, H., Durán, A., Echeverría, A., Panario, D., & Puentes, R. (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Vol. I. Clasificación de suelos del Uruguay*. MAP [https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/carta\\_de\\_reconocimiento\\_de\\_suelos\\_Tomo\\_I.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/carta_de_reconocimiento_de_suelos_Tomo_I.pdf)
- Altesor, A., Di Landro, E., May, H., & Ezcurra, E. (1998). Long-term species change in a Uruguayan grassland. *Journal of Vegetation Science*, 9(2), 173-180. <https://doi.org/10.2307/3237116>
- Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Rodríguez, C., Leoni, E., Baeza, S., & Paruelo, J. M. (2005). El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas: ¿Qué sabemos y cómo podemos usar ese conocimiento para manejarlas mejor? En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (pp. 21-32). INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2896/1/15630021107142110.pdf>

- Augustine, D. J., & McNaughton, S. J. (1998). Ungulate effects on the functional species composition of plant communities: Herbivore selectivity and plant tolerance. *The Journal of Wildlife Management*, 62(4), 1165-1183.
- Ayala, W., & Bermúdez, R. (2005). Estrategias de manejo en campos naturales sobre suelos de lomadas en la región Este. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural* (pp. 41-50). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2896/1/15630021107142110.pdf>
- Bemhaja, M. (2005). Composición y productividad de comunidades de campo natural sobre suelos de areniscas de Tacuarembó. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds.), *Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural* (pp. 85-91). INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2896/1/15630021107142110.pdf>
- Berretta, E. J. (1996). Campo natural: Valor nutritivo y manejo. En D. F. Risso, E. J. Berretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 113-127). INIA.
- Berretta, E. J. (1998). Impacto del pastoreo en el ecosistema de la pradera natural. En J. P. Puignau (Ed.), *Recuperación y manejo de ecosistemas degradados* (pp. 55-62). IICA.
- Berretta, E. J. (2000). Manejo del campo natural. *El País Agropecuario*, 5(60), 25-28. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10414/1/60.pdf>
- Berretta, E. J. (2003). Aspectos de manejo del campo natural. En Instituto Plan Agropecuario (Ed.), *Seminario el Campo Natural y la Empresa Ganadera* (pp. 29-32).
- 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. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2025-10/st-151-2005.pdf#page=60>

- Berretta, E. J., Formoso, D., Carbajal, C. M., Fernández, J., & Gabachutto, I. R. (1990). Producción y calidad de diferentes especies forrajeras nativas en condiciones de campo. En *II Seminario Nacional de Campo Natural* (pp. 68-83). Hemisferio Sur. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15924/1/Segundo-seminario-nacional-de-campo-natural-15-y-16-noviembre-1990-Tacuarembó-UY.pdf#page=68>
- Berretta, E. J., & do Nascimento, D., Jr. (1991). *Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal*. IICA.
- Berretta, E. J., Risso, D. F., & Bemhaja, M. (2001). Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de Basalto. En D. F. Risso & E. J. Berretta (Eds.), *Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay* (pp. 1-37). INIA.
- Boggiano, P. (2014). Pasturas: Base del Uruguay productivo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 23(5), 44-45. <https://revista.alpaenlinea.org/index.php/alpa/article/view/2510>
- Boggiano, P., & Berretta, E. J. (2006). Factores que afectan la biodiversidad vegetal del campo natural. En A. Mittelman & J. C. Leites (Eds.), *XXI Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul: Grupo Campos: Desafios e oportunidades do bioma campos frente à extensão e intensificação agrícola: palestras e resumos* (pp. 93-104). EMBRAPA.
- 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. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2896/1/15630021107142110.pdf>
- Briske, D. D., Derner, J. D., Brown, J. R., Fuhlendorf, S. D., Teague, W. R., Hawstad, 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. <http://www.bioone.org/doi/full/10.2111/06-159R.1>

- Camarano Martínez, L., Molina Alonzo, J., & Verdaguer Viñoly, M. (2024). *Estudio de la heterogeneidad estructural del campo natural sometido a dos ofertas de forraje en pastoreo continuo y rotativo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/47353>
- Carámbula, M. (1987). Producción de pasturas en Uruguay. En C. J. Molestina (Ed.), *Reunión sobre producción y utilización de pasturas para engorde y producción de leche* (pp. 95-112). IICA.  
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14795/1/Carambula-1987.pdf>
- Carámbula, M. (1994). Actualización de información tecnológica sobre pasturas en producción extensiva. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (2ª ed., pp. 7-11). INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4183/1/ST-13p.7-11.pdf>
- Carámbula, M. (1996). *Pasturas naturales mejoradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2008). *Pasturas naturales mejoradas* (2ª ed.) Hemisferio Sur.
- Carriquiry, M. (2011). Cadena de la carne vacuna. En M. Vasallo (Ed.), *Dinámica y competencia intrasectorial en el agro: Uruguay 2000-2010* (pp. 35-51). Universidad de la República.
- Carvalho, P. C. F., Ribeiro, H. M. N., Poli, C. H. E. C., de Moraes, A., & Delagarde, R. (2001). Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. En W. R. S Mattos (Org.), *Anais da XXXVIII Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (pp. 853-871). SBZ.
- Cayley, J. W. D., & Bird, P. R. (1996). *Techniques for measuring pastures* (2ª ed., rev. y aum.). Pastoral and Veterinary Institute Hamilton.  
<https://www.evergraze.com.au/wp-content/uploads/2013/09/Techniques-for-measuring-pastures.pdf>
- Cejas Pena, V. (2016). *Caracterización de la composición botánica de un campo natural bajo diferentes alternativas de intervención* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/19657>

- Cristiano Rejal, P., & Pitta Gatto, H. (2025). *Estudio fitosociológico en campo natural y su relación con variables edáficas e implicancias en la respuesta a la historia de manejo del campo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/51682>
- Cuttle, S. P. (2008). Impacts of pastoral grazing on soil quality. En R. W. McDowell (Ed.), *Environmental impacts of pasture-based farming* (pp. 33-74). CABI.
- Da Trindade, J. K., Neves, F. P., Pinto, C. E., Bremm, C., Mezzalira, J. C., Nadin, L. B., Genro, T. C. M., Gonda, H. I., & Carvalho, P. C. F. (2016). Daily forage intake by cattle on natural grassland: Response to forage allowance and sward structure. *Rangeland Ecology and Management*, 69(1), 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.10.002>
- 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* (pp. 315-323). EMPASC.
- Del Puerto, O. (1969). *Hierbas del Uruguay*. Nuestra Tierra.
- Durán, A. (Coord.). (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay* [Mapa]. MAP.
- Ferreira Cardozo, W. (1999). *Respuesta de una pastura natural regenerada de basalto medio a cuatro frecuencias de pastoreo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/39947>
- Formoso, D. (1990). Pasturas naturales: Componentes de la vegetación, producción y manejo de diferentes tipos de campos. En Secretariado Uruguayo de la Lana (Ed.), *III Seminario Técnico de Producción Ovina* (pp. 225-239).
- 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. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2896/1/15630021107142110.pdf>

- Galli, J. R., Cangiano, C. A., & Fernández, H. H. (1996). *Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/15-ingestivo\\_y\\_consumo\\_bovinos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf)
- Gallinal, J. P., Bergalli, L. U., Campal, E. F., Aragone, L., & Rosengurtt, B. (1938). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: Primera contribución*. Imprenta Germano Uruguaya.
- Google. (2025). *Google Earth Pro* (version 7.3.6.9796) [Software]. <https://earth.google.com/web/>
- 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.
- Heitschmidt, R. K., & Walker, J. (1983). Short duration grazing and the savory grazing method in perspective. *Rangelands*, 5(4), 147-150.
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*. <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Laca, E. A., & Lemaire, G. (2000). Measuring sward structure. En L. 't Mannetje & R. M. Jones (Eds.), *Field and laboratory methods for grassland and animal production research* (pp. 103-121). CABI Publishing.
- Lezama Huerta, F. (2005). *Las comunidades herbáceas de un área de pastizales naturales de la región Basáltica, Uruguay* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/4069>
- Liu, J., Feng, C., Wang, D., Wang, L., Wilsey, B. J., & Zhong, Z. (2015). Impacts of grazing by different large herbivores in grassland depend on plant species diversity. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 1053-1062.
- López, I., & Valentine, I. (2003). Rol de la diversidad pratense y de los grupos funcionales de especies sobre la condición de la pradera y su estabilidad. *Agro Sur*, 31(1), 60-76. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2003.v31n1-07>

- Mezzalira, J. C., Carvalho, P. C., Da Trindade, J. K., Bremm, C., Fonseca, L., Fonseca do Amaral, M., & 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., Boggiano, P., De Souza, D., & Saldanha, S. (1989). Presentación del Plan de Actividades: Proyecto-Manejo de Pasturas Naturales. En *XI Reunión do Grupo Técnico Regional do Cone Sur em Melhoramento e Utilização dos Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical: Grupo Campos: Relatório da XI reunião* (pp. 341-354). EMPASC.
- Millot, J. C., Risso, D., & Methol, R. (1987). *Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay*. FUCREA.
- Millot, J. C., & Saldanha, S. (1998). Productividad en pasturas naturales sobre basalto medio. 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. 167-170). INIA.  
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3000/1/111219240807103205.pdf>
- Nabinger, C. (1999). Princípios da exploração intensiva de pastagens. En A. M. Peixoto, J. C. de Moura, & V. Pedroso de Faria (Eds.), *Produção de bovinos a pasto* (pp. 18-95). FEALQ.
- Nabinger, C., Carvalho, P. C. F., Cassiano Pinto, E., Mezzalira, J. C., Marins Bram D., & Boggiano, P. (2011). Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿Es posible mejorarlos con más productividad? *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 19(3-4), 27-34.
- Nabinger, C., Dall'Agnol, M., & Carvalho, P. D. F. (2006). Biodiversidade e produtividade em pastagens. En C. G. Silveira Pedreira, J. C. de Moura, S. C. da Silva, & V. P. de Paria (Eds.), *As pastagens e o meio ambiente: Anais do 23º Simpósio sobre Manejo da Pastagem* (pp. 37-86). FEALQ.
- Nabinger, C., & de Faccio Carvalho, P. (2009). Ecofisiología de sistemas pastoriles: Aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia (Uruguay)*, 13(3), 18-27.

- Oesterheld, M., Aragón, R., Grigera, G., Oyarzábal, M., & Semmartin, M. (2005). ¿Cómo deben percibir la heterogeneidad quienes manejan la vegetación de los agroecosistemas? El caso de la Pampa Deprimida. En M. Oesterheld, M. R. Aguiar, C. M. Ghera, & J. M. Paruelo (Comps.), *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas: Un homenaje a Rolando J. C. León* (pp. 131-144). <https://www.agro.uba.ar/users/oyarzaba/Publicaciones/Oesterheld%20et%20al.%202005.pdf>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2025). *Anuario Estadístico Agropecuario 2025*. MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2025/ANUARIO2025.pdf>
- Olmos, F. (1990). Caracterización de comunidades naturales en la región noreste. En Instituto de Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *II Seminario nacional de campo natural* (pp. 20-27). Hemisferio Sur. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15924/1/Segundo-seminario-nacional-de-campo-natural-15-y-16-noviembre-1990-Tacuarembó-UY.pdf>
- Olmos, F. (1992). *Aportes para el manejo de campo natural: Efecto de la carga animal y el período de descanso en la producción y evolución de un campo natural de Caraguatá (Tacuarembó)*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2923/1/15630191107130926.pdf>
- Oyhantçabal, W., Bergós, S., García, F., & Balderrin, V. (2019). Proyecto: “Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración de tierras en pastizales uruguayos”: Los 5 beneficios de cambiar la manera de gestionar nuestro campo natural. En *Anuario OPYP 2019* (pp. 439-448). MGAP. [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Proyecto%20Ganader%C3%ADa%20y%20Clima%20-%20Anuario\\_compressed%20%281%29\\_0.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Proyecto%20Ganader%C3%ADa%20y%20Clima%20-%20Anuario_compressed%20%281%29_0.pdf)
- Preciozzi Porta, F., Spoturno Pioppo, J., Heinzen Marziotto, W., & Rossi Kempa, P. (1985). *Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a la Escala 1:500.000*. MIE. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/publicaciones/Memoria%20carta%20geologica%20del%20Uruguay.pdf>

- Ríos, A. (2001). Dinámica y control de *Cynodon dactylon* en sistemas mixtos de siembra directa y laboreo convencional. En R. Díaz Rossello (Ed.), *Siembra directa en el Cono Sur* (pp. 211-224). PROCISUR.
- Rodríguez, C., Leoni, E., Lezama, F., & Altesor, A. (2003). Temporal trends in species composition and plant traits in natural grasslands of Uruguay. *Journal of Vegetation Science*, 14(10), 433-440.
- Rook, A., & Tallowin, J. (2003). Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research*, 52(2), 181-189. <https://hal.science/hal-00889966/document>
- Rosengurtt, B. (1943). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 3ª contribución*. Barreiro.
- Rosengurtt, B. (1944). *Las formaciones campestres y herbáceas del Uruguay: 4ª contribución*. AGROS.
- Rosengurtt, B. (1946). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 5ª contribución*. Rosgal.
- Rosengurtt, B. (1979). *Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay*. Universidad de la República.
- Rosengurtt, B., Arrillaga, B. R., & Izaguirre, P. (1970). *Gramíneas uruguayas*. Universidad de la República.
- 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.
- Royo Pallarés, O., Berretta, E. J., & Maraschin, G. E. (2005). The South American Campos Ecosystem. En J. M. Suttie, S. G. Reynolds, & C. Batello (Eds.), *Grasslands of the World* (pp. 171-219). FAO.  
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6168/1/The-South-American-Berretta-2005.pdf>

- Saldanha, S. (2005). Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de basalto y suelos arenosos de cretácico. En R. Gómez & M. M. Albicette (Eds). *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (pp. 75-84). INIA.
- Smetham, M. L. (1990). Pasture management. En R. H. M. Langer (Ed.), *Pastures: Their ecology and management* (pp. 197-240). Oxford University Press.
- Soca, P. (2017). Aportes del campo natural a las mejoras del resultado y sostenibilidad de la cría vacuna en Uruguay. En Mesa de Ganadería sobre Campo Natural (Ed.), *Producción animal sostenible en pastoreo sobre campo natural* (pp. 74-83). MGAP.
- Sollenberger, L. E., Agouridis C. T., Vanzant, E. S., Franzluebbbers, 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). USDA.  
[https://uknowledge.uky.edu/bae\\_facpub/40/](https://uknowledge.uky.edu/bae_facpub/40/)
- Tothill, J. C., Hargreaves, J. N. G., Jones, R. M., & McDonald, C. K. (1992). *BOTANAL-A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition: 1. Field Sampling*. CSIRO.
- White, J., & Hodgson, J. G. (1999). *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press.
- Zanoniani, R. (2009). *Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1790>
- Zanoniani, R., Zibil, S., Ernst, O., & Chilbroste, P. (2004). Manejo del pastoreo y producción de forraje: Resultados del monitoreo realizado durante el año 2003. En Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" & Cooperativa Nacional de Productores de Leche (Eds.), *Proyecto interacción alimentación-reproducción: Informe final 2003* (pp. 25-34).

## 10 ANEXOS

## Anexo A

*Listado de componentes considerados para la realización del método BOTANAL*

| <b>Grupo</b> | <b>Especie/s</b>                                        | <b>Abreviatura</b>         |
|--------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|
| <b>1</b>     | <i>Paspalum notatum</i> + <i>Axonopus affinis</i>       | <b>Pn + Ax</b>             |
| <b>2</b>     | <i>Cynodon dactylon</i> + <i>Bouteloua megapotamica</i> | <b>Cd + Bm</b>             |
| <b>3</b>     | Perennes Estivales estoloníferas Otras                  | <b>PE estolonif. Otras</b> |
| <b>4</b>     | Perennes Estivales Finas                                | <b>PEF</b>                 |
| <b>5</b>     | Perennes Estivales Tiernas y Tiernas - Ordinarias       | <b>PET + TO</b>            |
| <b>6</b>     | Perennes Estivales Ordinarias                           | <b>PEO</b>                 |
| <b>7</b>     | <i>Paspalum quadrifarium</i>                            | <b>P. quadr.</b>           |
| <b>8</b>     | Perennes Estivales Duras                                | <b>PED</b>                 |
| <b>9</b>     | <i>Festuca arundinaceae</i>                             | <b>Festuca</b>             |
| <b>10</b>    | <i>Stipa setigera</i>                                   | <b>S. setigera</b>         |
| <b>11</b>    | Perennes Invernales Finas – Tiernas                     | <b>PIFT</b>                |
| <b>12</b>    | Perennes Invernales Ordinarias                          | <b>PIO</b>                 |
| <b>13</b>    | <i>Stipa charruana</i>                                  | <b>S. charruana</b>        |
| <b>14</b>    | Perennes Invernales Duras Otros                         | <b>PID otros</b>           |
| <b>15</b>    | Anuales Estivales Tiernas - Finas                       | <b>AETF</b>                |
| <b>16</b>    | Anuales Invernales Finas                                | <b>AIF</b>                 |
| <b>17</b>    | Anuales Invernales Ordinarias                           | <b>AIO</b>                 |
| <b>18</b>    | Leguminosas nativas                                     | <b>Leg. nativa</b>         |
| <b>19</b>    | Leguminosas naturalizadas                               | <b>Leg. naturalizada</b>   |
| <b>20</b>    | Ciperáceas + Juncáceas                                  | <b>Cyp + Jun</b>           |
| <b>21</b>    | Hierbas enanas                                          | <b>HE</b>                  |
| <b>22</b>    | Hierbas menores                                         | <b>HM</b>                  |
| <b>23</b>    | <i>Eryngium horridum</i> + Cardos                       | <b>Eh + Card.</b>          |
| <b>24</b>    | Restos secos                                            | <b>RS</b>                  |

**Anexo B**

| <b>Grupo</b> | <b>Especie/s</b>                                        | <b>Abreviatura</b>  |
|--------------|---------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>1</b>     | <i>Paspalum notatum</i> + <i>Axonopus affinis</i>       | <b>Pn + Ax</b>      |
| <b>2</b>     | <i>Cynodon dactylon</i> + <i>Bouteloua megapotamica</i> | <b>Cd + Bm</b>      |
| <b>3</b>     | Perennes Estivales Finas                                | <b>PEF</b>          |
| <b>4</b>     | Perennes Estivales Tiernas y Tiernas - Ordinarias       | <b>PET + TO</b>     |
| <b>5</b>     | Perennes Estivales Ordinarias y Duras                   | <b>PEO</b>          |
| <b>6</b>     | <i>Festuca arundinaceae</i>                             | <b>Festuca</b>      |
| <b>7</b>     | <i>Stipa setigera</i>                                   | <b>S. setigera</b>  |
| <b>8</b>     | Perennes Invernales Finas – Tiernas                     | <b>PIFT</b>         |
| <b>9</b>     | Perennes Invernales Ordinarias y Duras                  | <b>PIO</b>          |
| <b>10</b>    | <i>Stipa charruana</i>                                  | <b>S. charruana</b> |
| <b>11</b>    | Anuales Invernales Finas                                | <b>AIF</b>          |
| <b>12</b>    | Leguminosas                                             | <b>Leg. nativa</b>  |
| <b>13</b>    | Ciperáceas + Juncáceas                                  | <b>Cyp + Jun</b>    |
| <b>14</b>    | Hierbas enanas                                          | <b>HE</b>           |
| <b>15</b>    | Hierbas menores                                         | <b>HM</b>           |
| <b>16</b>    | <i>Eryngium horridum</i> + Cardos                       | <b>Eh + Card.</b>   |
| <b>17</b>    | Restos secos                                            | <b>RS</b>           |

## Anexo C

*ANAVA y pruebas de comparación de medias Tukey para los kg MS/ha para invierno*

TOTAL kg MS/ha

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| TOTAL    | 39 | 0,17           | 0,05              | 29,64 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.   | SC         | gl | CM        | F    | p-valor |
|--------|------------|----|-----------|------|---------|
| Modelo | 496448,02  | 5  | 99289,60  | 1,39 | 0,2537  |
| OF     | 67863,04   | 1  | 67863,04  | 0,95 | 0,3369  |
| Met    | 84964,13   | 1  | 84964,13  | 1,19 | 0,2835  |
| Suelo  | 215102,91  | 2  | 107551,46 | 1,50 | 0,2369  |
| Of*Met | 45478,82   | 1  | 45478,82  | 0,64 | 0,4307  |
| Error  | 2358457,98 | 33 | 71468,42  |      |         |
| Total  | 2854906,00 | 38 |           |      |         |

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=314,46036

Error: 71468,4236 gl: 33

| Of   | Met      | Medias | n  | E.E.   |   |
|------|----------|--------|----|--------|---|
| Alta | Rotativo | 981,33 | 6  | 109,14 | A |
| Baja | Rotativo | 964,83 | 6  | 109,14 | A |
| Alta | Continuo | 951,19 | 16 | 71,64  | A |
| Baja | Continuo | 785,74 | 11 | 83,00  | A |

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

## Anexo D

*ANAVA y pruebas de comparación de medias Tukey para los kg MS/ha para primavera*

### TOTAL kg MS/ha

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| TOTAL    | 33 | 0,49           | 0,32              | 20,66 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.       | SC         | gl | CM         | F    | p-valor |
|------------|------------|----|------------|------|---------|
| Modelo     | 3307397,95 | 8  | 413424,74  | 2,88 | 0,0214  |
| Trat       | 462005,56  | 2  | 231002,78  | 1,61 | 0,2214  |
| Suelo      | 2179250,40 | 2  | 1089625,20 | 7,58 | 0,0028  |
| Trat*Suelo | 893135,85  | 4  | 223283,96  | 1,55 | 0,2190  |
| Error      | 3451022,33 | 24 | 143792,60  |      |         |
| Total      | 6758420,28 | 32 |            |      |         |

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=990,67100

Error: 143792,5971 gl: 24

| Trat | Suelo   | Medias  | n  | E.E.   |   |   |   |
|------|---------|---------|----|--------|---|---|---|
| AR   | Bajo    | 2602,57 | 2  | 268,13 | A |   |   |
| AR   | Medio   | 2449,47 | 2  | 268,13 | A | B |   |
| BC   | Bajo    | 2098,49 | 2  | 268,13 | A | B | C |
| AC   | Bajo    | 2069,71 | 3  | 218,93 | A | B | C |
| AC   | Medio   | 1769,25 | 10 | 119,91 | A | B | C |
| BC   | Medio   | 1700,03 | 6  | 154,81 | A | B | C |
| BC   | Litosol | 1601,73 | 3  | 218,93 |   | B | C |
| AC   | Litosol | 1581,97 | 3  | 218,93 |   | B | C |
| AR   | Litosol | 1304,92 | 2  | 268,13 |   |   | C |

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

**Anexo E**

*Componentes principales y autovectores provenientes del método BOTANAL en contribución para invierno*

**Autovalores**

| <u>Lambda</u> | <u>Valor</u> | <u>Proporción</u> | <u>Prop Acum</u> |
|---------------|--------------|-------------------|------------------|
| 1             | 5,13         | 0,37              | 0,37             |
| 2             | 3,32         | 0,24              | 0,60             |
| 3             | 1,72         | 0,12              | 0,73             |
| 4             | 1,10         | 0,08              | 0,81             |
| 5             | 0,86         | 0,06              | 0,87             |
| 6             | 0,63         | 0,04              | 0,91             |
| 7             | 0,52         | 0,04              | 0,95             |
| 8             | 0,39         | 0,03              | 0,98             |
| 9             | 0,20         | 0,01              | 0,99             |
| 10            | 0,09         | 0,01              | 1,00             |
| 11            | 0,04         | 2,8E-03           | 1,00             |
| 12            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 13            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 14            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |

**Anexo F**

*Componentes principales y autovectores para el aporte de masa de forraje para invierno*

**Autovalores**

| <u>Lambda</u> | <u>Valor</u> | <u>Proporción</u> | <u>Prop Acum</u> |
|---------------|--------------|-------------------|------------------|
| 1             | 4,24         | 0,30              | 0,30             |
| 2             | 3,32         | 0,24              | 0,54             |
| 3             | 2,26         | 0,16              | 0,70             |
| 4             | 1,33         | 0,09              | 0,80             |
| 5             | 1,06         | 0,08              | 0,87             |
| 6             | 0,58         | 0,04              | 0,91             |
| 7             | 0,48         | 0,03              | 0,95             |
| 8             | 0,44         | 0,03              | 0,98             |
| 9             | 0,19         | 0,01              | 0,99             |
| 10            | 0,06         | 4,5E-03           | 1,00             |
| 11            | 0,03         | 2,3E-03           | 1,00             |
| 12            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 13            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 14            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |

**Anexo G**

*Componentes principales y autovectores para el aporte de masa de forraje para primavera*

**Autovalores**

| <u>Lambda</u> | <u>Valor</u> | <u>Proporción</u> | <u>Prop Acum</u> |
|---------------|--------------|-------------------|------------------|
| 1             | 5,89         | 0,45              | 0,45             |
| 2             | 3,88         | 0,30              | 0,75             |
| 3             | 1,61         | 0,12              | 0,87             |
| 4             | 1,17         | 0,09              | 0,96             |
| 5             | 0,46         | 0,04              | 1,00             |
| 6             | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 7             | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 8             | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 9             | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 10            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 11            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 12            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 13            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |
| 14            | 0,00         | 0,00              | 1,00             |